

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

Marius LAZAUSKAS

STATYBOS PROJEKTŲ DARNOS VERTINIMO KOMPLEKSINIS MODELIS

DAKTARO DISERTACIJA

TECHNOLOGIJOS MOKSLAI,
STATYBOS INŽINERIJA (02T)



Vilnius LEIDYKLA
TECHNIKA 2015

Disertacija rengta 2011–2015 metais Vilniaus Gedimino technikos universitete.

Vadovas

prof. habil. dr. Edmundas Kazimieras ZAVADSKAS (Vilniaus Gedimino technikos universitetas, statybos inžinerija – 02T).

Vilniaus Gedimino technikos universiteto Statybos inžinerijos mokslo krypties disertacijos gynimo taryba:

Pirmininkas

prof. dr. Egidijus Rytas VAIDOGAS (Vilniaus Gedimino technikos universitetas, statybos inžinerija – 02T).

Nariai:

doc. dr. Darius BAČINSKAS (Vilniaus Gedimino technikos universitetas, statybos inžinerija – 02T),

doc. dr. Alvydas BALEŽENTIS (Mykolo Romerio universitetas, vadyba – 03S),

dr. Vida MALIENĖ (Liverpulio Džono Moreso universitetas, statybos inžinerija – 02T),

doc. dr. Daiva ŽILIONIENĖ (Vilniaus Gedimino technikos universitetas, statybos inžinerija – 02T).

Disertacija bus ginama viešame Statybos inžinerijos mokslo krypties disertacijos gynimo tarybos posėdyje **2015 m. birželio 19 d. 13 val.** Vilniaus Gedimino technikos universiteto senato posėdžių salėje.

Adresas: Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius, Lietuva.

Tel.: (8 5) 274 4956; faksas (8 5) 270 0112; el. paštas doktor@vgtu.lt

Pranešimai apie numatomą ginti disertaciją išsiųsti 2015 m. gegužės 18 d.

Disertaciją galima peržiūrėti interneto svetainėje <http://dspace.vgtu.lt/> ir Vilniaus Gedimino technikos universiteto bibliotekoje (Saulėtekio al. 14, LT-10223 Vilnius, Lietuva).

VGTU leidyklos TECHNIKA 2320-M mokslo literatūros knyga

<http://leidykla.vgtu.lt>

ISBN 978-609-457-811-3

© VGTU leidykla TECHNIKA, 2015

© Marius Lazauskas, 2015

marius.lazauskas@gmail.com

VILNIUS GEDIMINAS TECHNICAL UNIVERSITY

Marius LAZAUSKAS

COMPLEX MODEL FOR SUSTAINABILITY ASSESSMENT OF CONSTRUCTION PROJECTS

DOCTORAL DISSERTATION

TECHNOLOGICAL SCIENCES,
CIVIL ENGINEERING (02T)



Vilnius LEIDYKLA
TECHNIKA 2015

Doctoral dissertation was prepared at Vilnius Gediminas Technical University in 2011–2015.

Supervisor

Prof Dr Habil Edmundas Kazimieras ZAVADSKAS (Vilnius Gediminas Technical University, Civil Engineering – 02T).

The Dissertation Defence Council of Scientific Field of Civil Engineering of Vilnius Gediminas Technical University:

Chairman

Prof Dr Egidijus Rytas VAIDOGAS (Vilnius Gediminas Technical University, Civil Engineering – 02T).

Members:

Assoc Prof Dr Darius BAČINSKAS (Vilnius Gediminas Technical University, Civil Engineering – 02T),

Assoc Prof Dr Alvydas BALEŽENTIS (Mykolas Romeris University, Management – 03S),

Dr Vida MALIENĖ (Liverpool John Moores University, Civil Engineering – 02T),

Assoc Prof Dr Daiva ŽILIONIENĖ (Vilnius Gediminas Technical University, Civil Engineering – 02T).

The dissertation will be defended at the public meeting of the Dissertation Defence Council of Civil Engineering in the Senate Hall of Vilnius Gediminas Technical University at **1 p. m. on 19 June 2015**.

Address: Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius, Lithuania.

Tel.: +370 5 274 4956; fax +370 5 270 0112; e-mail: doktor@vgtu.lt

A notification on the intend defending of the dissertation was send on 18 May 2015.

A copy of the doctoral dissertation is available for review at the Internet website <http://dspace.vgtu.lt/> and at the Library of Vilnius Gediminas Technical University (Saulėtekio al. 14, LT-10223 Vilnius, Lithuania).

Reziumė

Disertacijoje vertinami statybos projektai, kurių efektyvumas turi atitikti darnios plėtros principus. Pagrindinis darbo tikslas – sudaryti statybos projektų darnos vertinimo kompleksinį modelį ir jo praktinio taikymo algoritmą. Kompleksiniam modeliui panaudoti daugiatisksliai sprendimų priėmimo metodai ir sudaryti rodiklių rinkiniai statybos projektų darnos vertinimui.

Disertaciją sudaro įvadas, trys skyriai, bendrosios išvados, naudotos literatūros sąrašas ir autoriaus mokslinių publikacijų disertacijos tema sąrašas.

Įvadiniamе skyriuje aptariama tiriamoji problema, darbo aktualumas, aprašomas tyrimų objektas, formuluojamas darbo tikslas ir uždaviniai, mokslinis darbo naujumas, ginamieji teiginiai. Įvado pabaigoje pristatomi autoriaus pranešimai konferencijose ir publikacijos, pateikiama disertacijos struktūra.

Pirmajame skyriuje pateikiama mokslinės literatūros analizė nagrinėjama tematika, apžvelgiami darnios plėtros ir statybos principai. Analizuojama statybos rinkos dalyvių tikslai, statybos produktų naudotojų poreikiai, statybos procesų valdymo efektyvumas ir statybos projektų vertinimas. Apžvelgiami darnios statybos vertinimo modeliai ir daugiatiskslių metodų taikymas disertacijos tema. Skyriaus pabaigoje formuluojamos išvados ir disertacijos uždaviniai.

Antrajame skyriuje pateikiama darnios statybos rodiklių sistema, daugiatiskslių sprendimo metodų klasifikacija, jų tinkamumo disertacijos uždaviniui spręsti analizė bei skaičiavimo metodika. Pasiūlyti statybos projektų kompleksinio efektyvumo analizės daugiatiskslio vertinimo metodų deriniai. Pristatomas teorinis statybos projektų darnos kompleksinis vertinimo modelis.

Trečiajame skyriuje pristatomas kompleksinio vertinimo modelio, sukurto statybos projektų darnos vertinimui, praktinis taikymas.

Disertacijos tema paskelbti devyni moksliniai straipsniai, iš kurių penki referuojami duomenų bazės Thomson Reuters *Web of Knowledge (ISI Web of Science)* cituojamuose žurnaluose ir keturi straipsniai pristatyti konferencijų darbų leidiniuose mokslo konferencijose.

Abstract

The thesis examines construction projects with the efficiency to be in line with the sustainable development principles. The aim of the thesis is to suggest a complex model of sustainable justification and the algorithm for its practical application to be applied to construction projects. To apply multi-objective decision making methods to the complex model and suggest its combinations to be used for the assessment of sustainable efficiency of construction projects.

The thesis comprises an introduction, three chapters, general conclusions, reference list, and the list of scientific publications on the topic of the thesis.

The introductory chapter discusses the problem being studied, relevance of the thesis, describes the subject of studies, formulates the goal and tasks of the paper, defines the originality and novelty of dissertation, and defendable statements. At the end of the introduction there are statements and publications presented by the author at scientific conferences and structure of the thesis.

The first chapter of the thesis provides an overview of scientific literature sources closely related to the studied topic, discloses the main principles of sustainable development and sustainable construction. Analyses objectives of the construction market participants, needs of consumers of products developed in the course of construction work execution, efficiency of construction process management and range of problems closely related to construction problems. This chapter presents the overview of sustainable construction assessment principles as well as the application of MCDM on the subject of the thesis. Conclusions and objectives are formulated and specified at the end of the chapter.

In the second chapter author describes the sustainable development criteria systems, classification of MCDM, analysis of their applicability to the resolution of the aim of the thesis, and calculation methodologies. This chapter also includes particular suggestions regarding combinations of multi-objective assessment method to be allied to the analysis of construction project efficiency. A model of construction project's sustainability is being presented as well.

The third chapter is dedicated to practical application of complex assessment model developed for the evaluation of construction project sustainability.

Nine scientific articles were on the topic of the thesis; five of them are referred in scientific journals included into Thomson Reuters *Web of Knowledge* (*ISI Web of Science*) database and four of them have been published in journals of scientific conferences.

Žymėjimai

Simboliai

x_{ij} – rodiklio reikšmė;

a_{ij} – alternatyva;

π_{ij} – alternatyvų deriniai;

q_j – rodiklio reikšmingumas;

λ_{\max} – didžiausia ekspertų lyginimo matricos tikrinė reikšmė;

ω_i – rodiklių reikšmingumas;

n – rodiklių skaičius;

U_i – bendrasis alternatyvos j naudingumas (angl. *Overall utility of alternative j*);

$C.I.$ – suderinamumo indeksas (angl. *Consistency index*);

$R.I.$ – atsitiktinumo indeksas (angl. *Random index*);

$C.R.$ – suderinamumo koeficientas (angl. *Consistency ratio*).

Santrumpos

AHP – Analitinės hierarchijos procesas (angl. *The Analytic Hierarchy Process*);

ARAS – Adityvinis rodiklių santykių įvertinimo metodas (angl. *The Additive Ratio Assessment method*);

ARAS-F – Neraiškusis adityvinis rodiklių santykių įvertinimo metodas (angl. *The Fuzzy Additive Ratio Assessment method*);

AM – Lietuvos Respublikos aplinkos ministerija;

BVP – bendrasis vidaus produktas;

COPRAS – Daugiatiksliis kompleksinis proporcingo įvertinimo metodas (angl. Method of Multiple Criteria Complex Proportional Assessment);

ES – Europos Sąjunga;

TPS – tvarios plėtros strategija;

MADM – Daugiarodiklis sprendimų priėmimo metodas (angl. *Multiple Atribute Decision Making*);

MCDM – Daugiakriteris sprendimų priėmimo metodas (angl. *Multiple Criteria Decision Making*);

MODM – Daugiatiksliis sprendimų priėmimo metodas (angl. *Multi(ple) Objective Decision Making*);

MOORA – metodas, grindžiamas daugiaktikslio optimizavimo santykių dydžių analize (angl. *Multi-Objective Optimization by Ratio analysis*);

MULTIMOORA – santykių sistemos, neraiškiojo atskaitos taško ir pilnosios sandaugos formos metodas (angl. *MOORA plus a Full Multiplicative Form Multi-Objective Optimization by Ratio analysis*);

PAVS – poveikio aplinkai vertinimo studija;

PVM – pridėtinės vertės mokestis;

VAATC – Vilniaus apskrities atliekų tvarkymo centras;

SSEG (angl. SWOT) – stiprybių, silpnybių, galimybių ir grėsmių analizė (angl. strengths, weaknesses, opportunities and threats analysis);

SPM – sprendimų priėmimo metodai;

WCED – Pasaulinė aplinkos ir plėtros komisija (angl. World Commission on Environment and Development).

Turinys

IVADAS	1
Problemos formulavimas	1
Darbo aktualumas	2
Tyrimų objektas	3
Darbo tikslas	3
Darbo uždaviniai	3
Tyrimų metodika	4
Darbo mokslinis naujumas	4
Darbo rezultatų praktinė reikšmė	4
Ginamieji teiginiai	5
Darbo rezultatų aprobavimas	5
Disertacijos struktūra	5
1. DARNIOS STATYBOS MOKSLINĖ APŽVALGA	7
1.1. Darnios statybos samprata pasauliniame kontekste	8
1.2. Pastatų darnios statybos problematika	10
1.3. Darnios statybos integravimas į miestų plėtrą	13
1.4. Darnios statybos vertinimo sistemos	19
1.5. Daugiatiksliai metodai statybos projektų darnos vertinimui	21
1.6. Pirmojo skyriaus išvados ir disertacijos uždavinių formulavimas	25
2. KOMPLEKSINIS DAUGIATIKSLIS VERTINIMO MODELIS	27

2.1. Projekto veiksmų vertinimas	28
2.1.1. Projektų įgyvendinimo aplinka	28
2.1.2. Rinkų vertinimas šalies mastu	29
2.1.3. Projektų realizavimo srities vertinimas	32
2.2. Kompleksinio vertinimo modelio identifikavimas	35
2.3. Daugiatikslių sprendimų priėmimo metodų parinkimas	40
2.4. Rodiklių reikšmingumų nustatymas	45
2.5. Daugiatiksliai vertinimo metodai	49
2.5.1. Racionalaus varianto parinkimas ARAS-F ir ARAS metodu	49
2.5.2. Racionalaus varianto parinkimas MOORA metodu	52
2.5.3. Racionalaus varianto parinkimas MULTIMOORA metodu	54
2.5.4. Dominavimo teorijos taikymas	55
2.5.5. Racionalaus varianto parinkimas COPRAS metodu	56
2.6. Antrojo skyriaus išvados	58
 3. KOMPLEKSINIO MODELIO PRAKTINIS TAIKYMAS.....	59
3.1. Kompleksinio modelio taikymas statybos projektų darnos vertinimui	60
3.2. Darnios statybos projektų plėtros teritorijos identifikavimas	61
3.3. Kultūros paveldo statinių išsaugojimo vertinimas	66
3.4. Nebaigtos statybos pastatų racionalaus užbaigimo varianto nustatymas	76
3.5. Atliekų deginimo gamyklos statybos vietos parinkimas	87
3.6. Kompleksinio modelio sintezė	99
3.7. Trečiojo skyriaus išvados	101
 BENDROSIOS IŠVADOS	103
 LITERATŪRA IR ŠALTINIAI	105
 AUTORIAUS MOKSLINIŲ PUBLIKACIJŲ DISERTACIJOS TEMA SĄRAŠAS ..	121
 SUMMARY IN ENGLISH.....	123
 PRIEDAI	141
A priedas. MOORA ir MULTIMOORA metodų skaičiavimai	142
B priedas. AHP metodo ekspertų nuomonių suderinamumo skaičiavimas	143
C priedas. Deginimo gamyklos vietos parinkimo skaičiavimo algoritmai	146
D priedas. Bendra autorių sutikimai teikti publikacijoje skelbtą medžiagą mokslo daktaro disertacijoje	149
E priedas. Autoriaus mokslinių publikacijų disertacijos tema kopijos	159

¹ Priedai pateikiami pridėtoje kompaktinėje plokštelėje

Contents

INTRODUCTION	1
Formulation of the problem.....	1
Relevance of the thesis	2
Research object.....	3
Aim of the thesis.....	3
Objectives of the thesis.....	3
Research methodology	4
Scientific novelty of the thesis	4
Practical value of the research findings	4
Defended statements.....	5
Approval of the research findings	5
The structure of the dissertation	5
1. SCIENTIFIC REVIEW OF SUSTAINABLE CONSTRUCTION.....	7
1.1. Concept of sustainable construction within the world context	8
1.2. Range of problems related to the sustainable construction of buildings.....	10
1.3. Integration of the sustainable construction	13
1.4. Sustainable construction assessment systems.....	19
1.5. Multi-objective sustainable construction assessment methods.....	21
1.6. Conclusions of chapter one and formulation of thesis objectives.....	25

2. COMPLEX MULTI-OBJECTIVE ASSESSMENT MODEL	27
2.1. Assessment of project factors	28
2.1.1. Project implementation environment	28
2.1.2. Country-wide market opinion	29
2.1.3. Assessment of project implementation sphere	32
2.2. Identification of complex decision-making model	35
2.3. Selection of multi-objective decision-making methods	40
2.4. Defining attributes weights using the AHP method	45
2.5. Multi-attribute decision analysis methods	49
2.5.1. Choosing a rational alternative based on ARAS and ARAS-F methods ..	49
2.5.2. Choosing a rational alternative based on MOORA method	52
2.5.3. Choosing a rational alternative based on MULTIMOORA method	54
2.5.4. Using the dominance theory	55
2.5.5. Choosing a rational alternative based on COPRAS method	56
2.6. Conclusions of chapter two	58
3. PRACTICAL APPLICATION OF THE COMPLEX MODEL	59
3.1. Application of complex model for the assessment of project sustainability	60
3.2. Identification of sustainable construction development territories	61
3.3. Assessment of preservation of cultural heritage buildings	66
3.4. Determination of rational completion alternatives for abandoned construction .	76
3.5. Assessment of waste incineration plant construction site	87
3.6. Synthesis of a complex model	99
3.7. Conclusions of chapter three	101
GENERAL CONCLUSIONS	103
LIST OF REFERENCES	105
THE LIST OF SCIENTIFIC PUBLICATIONS BY THE AUTHOR ON THE TOPIC OF THE DISSERTATION	121
SUMMARY IN ENGLISH	123
ANNEXES ¹	141
Annex A. Calculation algorithms of MOORA and MULTIMOORA methods	142
Annex B. Consistency of the AHP matrix and experts opinion agreement	143
Annex C. Calculation algorithms of waste incineration plant place assesment	146
Annex D. Agreements to provide published materials in the thesis	149
Annex E. Copies of scientific publications by the author on the topic of the dissertation	159

¹The annexes are supplied in the enclosed compact disk

Išvadas

Problemos formulavimas

Kiekvienas statybos rinkos dalyvis siekia efektyvios savo atstovaujamos rinkos plėtos. Gyventojai nori gyventi kokybiškoje aplinkoje, kurioje tenkinami jų socialiniai žmogiškieji poreikiai. Juridiniai subjektai siekia sėkmingai konkuruoti vykdydami statybos ūkinę veiklą ir generuoti pelną bei kurti socialiai atsakingą verslą. Valstybinės institucijos siekia užtikrinti įstatyminių aktų laikymąsi, tinkamą statybos plėtrą, užtikrinančią sukurtų statybos produktų ekonominę, socialinę, aplinkosauginę naudą. Statybos sektoriaus įmonės turi būti lanksčios ir dinamiškos, gebančios greitai reaguoti į rinkos pokyčius ir priimti efektyvius sprendimus, siekdamos tinkamai prisitaikyti ir išnaudoti laike apibrėžtus rinkos dėsnius. Šios priežastys lemia būtinumą statybos įmonėms iš anksto įvertinti savo galimybes plėtojant verslą konkrečiomis rinkos sąlygomis. Tuo siekiama įgyvendinti efektyvius statybos projektus, kurie būtų paklausūs esamoje rinkoje ir kurtų pridėtinę vertę visuomeniniame gyvenime.

Statybos projektų įgyvendinimas tam tikromis aplinkybėmis, netinkamai įvertinus įtakojančių veiksnių poveikį, gali būti komplikotas ir neatitikti suplanuotų galutinių rezultatų: taip gali nutikti dėl informacijos apie visas projekto detales trūkumo, kai susiduriama su neapibrėžtomis situacijomis. Statybos projektų krypties pasirinkimo uždaviniai neapsiriboja keliais variantais tiek pro-

jekto pobūdžiu, tiek veiklos rinkos jautrumu ar tendencijomis ar tiesiog naudojamomis technologijomis. Racionalius sprendimus priimantiems asmenims, turintiems atitinkamą išsilavinimą, kvalifikaciją, nebeužtenka turimų žinių tiksliai numatyti visų projekto efektyvumą lemiančių veiksnių. Planavimo etape turima informacija nėra iki galo tiksli. Šios problemos iškyla dėl darnios plėtos sistemos duomenų masto ir sudėtingų sprendimų priėmimo norint įvertinti rinkos ir jos dalyvių galimybes. Tokių sistemų efektyvumo uždaviniais spręsti būtina ieškoti naujų būdų ir sprendimo metodų.

Tikslingas veiklos rinkos nustatymas ir efektyvių statybos projektų skatinimas, tinkamai nukreipiant įmonės strategiją, racionaliai atrenkant statybos projektus ir taikant matematinius modelius, argumentuotai juos pagrindžiant, tampa vis aktualesnis. Tinkamas statybos projekto planavimas, sprendimų priėmimas, projektavimas, statybos darbų ir finansinė kontrolė bei visų suinteresuotų pusių bendradarbiavimas suteikia galimybę pasiekti užsibrėžtus statybos projektų rezultatus ir tikslus. Integravus darnią plėtrą paremtą strategiją nuo sprendimo priėmimo iki konkrečių uždavinių įgyvendinimo sudaromos sąlygos užtikrinti statybos projektų efektyvumą.

Statybos projektų darnos kompleksinis vertinimas, naudojant matematinius modelius turimos informacijos apdorojimui ir sudarant kompleksines darnios plėtos sistemas, suteikia galimybes visapusiškai nagrinėti suformuluotas alternatyvas. Būtent tokiu būdu grindžiami statybos projektai turėtų didžiausią statybos produktais sukurtą visapusę naudą šių produktų vartotojams.

Darbo aktualumas

Šiuo metu nėra daug empirinių tyrimų, nagrinėjančių statybos projektų darnos kompleksinį vertinimą. Gyvenamosios aplinkos nepakankama plėtra bei rinkos poreikis skatina plėtoti šią mokslinę sritį. Kiekvienas verslo subjektas visų pirma savo veiklą turėtų nukreipti socialinės naudos siekimui, subalansuotos konkurencijos užtikrinimui, o įmonės turi būti lanksčios ir dinamiškos, sugebančios savalaikiai reaguoti į rinkos pokyčius ir juos pritaikyti verslo plėtrai. Siekiant socialiai atsakingo verslo plėtos būtina draugiška aplinka visiems naudotojams, nekenkiant gamtai, klimatui, ribotiems ištekliams ir palaikant investicinį kryptingumą į socialinę naudą ekonomikai ir visuomenei.

Statybos projektai sąveikauja su daugeliu kitų sistemų, iš kurių kiekviena daro įtaką projekto sudedamosioms dalims: tinkamam projekto realizavimo vietos parinkimui, tinkamos darbo jėgos pasitelkimui, statybos technologijų naudojimui, realizuoto projekto eksploatavimui bei visų kitų procesų užtikrinimui priimti tinkamus sprendimus konkurencingoje rinkoje, kurie nulemia projekto efektyvumą. Privaloma įvertinti ne tik projekto vidinius veiksnius, tačiau

būtina identifikuoti ir išorines įtakos sferas, kurios užtikrintų socialinę naudą ir finansinį efektyvumą. Vykdam veiklą realiomis verslo sąlygomis yra sudėtinga priimti sprendimus dėl strateginių procesų tinkamumo, nes dažnai pagal vienus rodiklius pasirinkta veiklos strategija gali būti įvertinta kaip efektyvi ir naudinga, o pagal kitus – sukurianti kliūtis projekto realizavimui. Objektyvius sprendimus dėl projekto tinkamumo ir efektyvumo galima gauti taikant ne vieną rodiklį, o jų rinkinį, t. y. rodiklių sistemas, tenkinančias vykdytojų, vartotojų bei kontroliuojančių subjektų bei kitų suinteresuotų grupių poreikius.

Statybos projektų darnos vertinimui disertacijoje siūlomas kompleksinis sprendimų priėmimo modelis, sudarytas iš rodiklių rinkinių, nagrinėjančių statybos rinkos projektų efektyvaus realizavimo sunkumus. Modelis pritaikytas darnios statybos projektų plėtros sistemos vertinimui idėjų generavimo etape.

Tyrimų objektas

Darbo tyrimų objektas – kompleksinis statybos projektų vertinimas taikant darnos principus.

Darbo tikslas

Pagrindinis tikslas pasiūlyti statybos projektų darnos vertinimo kompleksinį modelį ir jo praktinio taikymo algoritmą.

Darbo uždaviniai

Darbo tikslui pasiekti reikia spręsti šiuos uždavinius:

1. Išanalizuoti statybos projektų įgyvendinimo rinkoje sąlygas ir perspektyvas darnios plėtros kontekste.
2. Nustatyti statybos projektų efektyvumą apibūdinančius ir nulemiančius veiksnius idėjos generavimo etape.
3. Nustatyti darnios plėtros statyboje problemas ir pasiūlyti rodiklių rinkinius kompleksiniam vertinimo modeliui sudaryti.
4. Sudaryti darnios plėtros principais pagrįstą kompleksinį modelį statybos projektų darnos vertinimui.

5. Praktiškai patikrinti teorinį kompleksinį modelį veiksmingam statybos projektų darnos vertinimui.

Tyrimų metodika

Rengiant disertaciją buvo remiamasi užsienio šalių ir Lietuvos mokslininkų publikacijomis, tyrimais ir mokslinių studijų medžiaga. Rodiklių sistemų sudarymui naudojami įvairių institucijų statistiniai duomenys, atlikti fiziniai matavimai bei skaičiavimai, atrinkta informacija iš informacinių leidinių. Kompleksinio sprendimo priėmimo modelių algoritmų praktiniam taikymui pagrįsti panaudoti plačiai žinomi daugiatikslio vertinimo metodai bei jų deriniai, atliekama gautų skaičiavimo rezultatų analizė bei tarpusavio palyginimas, modeliuojant galutinę konkrečių statybos projektų įtaką vietos aplinkai.

Darbo mokslinis naujumas

Rengiant disertaciją gauti šie statybos inžinerijos krypties nauji rezultatai:

1. Sudarytos rodiklių sistemos, apibūdinančios statybos projektus ir jų efektyvumą, pagrįstą darnios plėtros principais.
2. Sukurtas darnos principais grindžiamas teorinis kompleksinis modelis, taikytinas statybos projektų darnos vertinimui.
3. Pasiūlyti statybos projektų efektyvumo nustatymui daugiatikslio vertinimo metodų deriniai sudaryti iš MOORA, MULTIMOORA, AHP, ARAS-F, COPRAS, ARAS metodų. Pasiūlytas ARAS-F ir COPRAS tarpusavio suderinamumo sprendimas.
4. Remiantis esama praktika ir pritaikius daugiatikslių metodų derinius sudarytas statybos projektų darnos vertinimo kompleksinis modelis.

Darbo rezultatų praktinė reikšmė

Tyrimų rezultatai gali būti naudingi statybos veiklą vykdančioms subjektams plėtojant tolimesnės veiklos ar plėtros kryptis. Pasiūlytas kompleksinis vertinimo algoritmas, vertinantis statybos projektus darnios plėtros požiūriu, suteikiantis galimybes modeliuoti statybos sektoriaus plėtros strategijas. Praktiškai pritaikius pasiūlytą kompleksinį vertinimo modelį gali būti formuojama viešojo administravimo subjektų, užsakovų, vykdytojų ar tiesiog kitų naudotojų politika,

susijusi su miestų arba teritorijų plėtra ar kitų strategijų pasirinkimu, apibrėžiant galimas plėtros galimybes.

Ginamieji teiginiai

1. Statybos projektų darnos kompleksinis vertinimas suteikia galimybes nustatyti ir efektyviai įgyvendinti statytojų, kontroliuojančių institucijų bei naudotojų interesus, vadovaujantis darnios plėtros principais.
2. Vertinant statybos projektų efektyvumą, suformuotą iš daugelio duomenų ir užsibrėžtų tikslų, naudinga naudoti patikrintus ir lengvai taikomus daugiatislių metodų derinius.
3. Sukurtas kompleksinis daugiakriteris modelis suteikia galimybę nustatyti numatomo vystyti statybos projekto efektyvumą įgyvendinimo aplinkoje.

Darbo rezultatų aprobavimas

Disertacijos tema yra paskelbti devyni moksliniai straipsniai: penki – mokslo žurnaluose, įtrauktuose į Thomson Reuters Web of Knowledge (ISI Web of Science) sąrašą; vienas – konferencijos ISI Proceedings medžiagoje; trys – Lietuvos konferencijų straipsnių rinkiniuose.

Disertacijoje atliktų tyrimų rezultatai buvo paskelbti trijose mokslinėse konferencijose (vienoje tarptautinėje ir dvejose Lietuvos jaunųjų mokslininkų):

- 11-oje tarptautinėje konferencijoje „*Modern building materials, structures and techniques*“, 2013 m. Vilniuje;
- 18-oje Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencijoje „*Mokslas – Lietuvos ateitis*“, Statyba. 2015 m. Vilniuje;
- 18-oje Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencijoje „*Verslas XXI amžiuje*“, 2015 m. Vilniuje;

Disertacijos struktūra

Disertaciją sudaro įvadas, trys skyriai ir rezultatų apibendrinimas. Taip pat yra penki priedai.

Darbo apimtis yra 141 puslapis, neskaitant priedų, tekste panaudotos 26 numeruotos formulės, 24 paveikslai ir 38 lentelė. Rašant disertaciją buvo panaudoti 192 literatūros šaltiniai.

Darnios statybos mokslinė apžvalga

Statybos pramonėje prisimenamas 2008–2012 metų laikotarpis kaip statybos krizės metas, kuris palietė ne tik Vakarų ekonomikas, tačiau turėjo įtakos ir Lietuvos statybos pramonei. 2013 metų pabaigoje ir 2014 metų pradžioje buvo pastebimas statybos šakos Lietuvoje atsigavimas. Lietuvoje, kaip ir daugelyje pasaulio šalių įgyvendinama daug naujos kokybės pastatų ir jų kompleksų statybos projektų. Miestų plėtra vyksta senamiesčiuose, gyvenamuosiuose rajonuose ir priemiesčiuose. Statybos sektoriuje susiduriama su pramoninių erdvių, nebaigtų statyti gyvenamosios/administracinės paskirties pastatų ir apleistų kultūros paveldo pastatų problemomis urbanizuojamose miesto teritorijose bei statybos projektų tinkama vadyba. Atsižvelgiant į tai, disertacijoje pagrindinis dėmesys skiriamas šio sektoriaus situacijos gerinimui ir jo plėtrai. Šiame disertacijos skyriuje pateikiamos svarbiausios darnios statybos plėtros kryptys, nagrinėjamos projektų efektyvumo galimybės nuo projektinės stadijos iki pastato gyvenamosios aplinkos sukūrimo. Analizuojamas statybos projektų efektyvus įvertinimas. Apžvelgiami statybos sektoriuje taikomi vertinimo modeliai ir metodai, skatinantys investuotojus, kontroliuojančias institucijas ir vartotojus bei kitas suinteresuotas grupes tinkamai vykdyti veiklą, susijusią su statybos sektoriaus plėtra ir darnios plėtros įgyvendinimo tęstinumu.

Skyriuje nagrinėjama tema autorius kartu su bendraautoriais paskelbė vieną publikaciją: Lazauskas *et al.* (2015b).

1.1. Darnios statybos samprata pasauliniame kontekste

Tarptautinių aplinkosaugos organizacijų ir institucijų pastangomis 1980 metais buvo paskelbta „Pasaulio apsaugos strategija“ (*World conservation strategy*), kuri buvo pradininkė darnios plėtros idėjų formavime (Čiegis *et al.* 2005). Darnaus vystymosi apibrėžimas pirmą kartą buvo suformuluotas 1987 m. Jungtinių Tautų sudarytos specialios Aplinkos ir plėtros komisijos ataskaitoje „Bendra mūsų ateitis“, žinoma kaip Brundtland ataskaita (World Commission on Environment and Development). Brundtland darną ir darnią plėtrą (angl. *sustainable development*) apibūdino kaip visų gyvenimo sričių tvarumą, nukreiptą tenkinti savalaikius visuomenės poreikius, kartu įgyvendinant šiandieną priimamus sprendimus ateities kartų poreikių tenkinimui ir visa supančios aplinkos tobulinimui bei išsaugojimui. Darnios plėtros idėja yra pragmatinė ir antropocentrinė, t. y. pagrindinis dėmesys skiriamas žmogui ir jo gerovei.

Brundtland komisijos pranešime buvo suformuluoti trys darnios plėtros komponentai: žmoniškoji veikla viso pasaulio mastu, koncentruojantis į aplinkos, socialinių ir ekonominių rodiklių tobulinimą. Aplinkos aspektai – tai efektyvus pirminių ir kitų išteklių naudojimas, tarša, atliekų tvarkymas ir perdirbimas. Socialiniai rodikliai – tai darbuotojų gerovė, sveikata ir sauga, indėlis visuomenei plačiąja prasme, korporacinė diplomatija ir ilgalaikis verslo gyvybingumas. Ekonominiai rodikliai apima pelningumą, efektyvumą, pridėtinę vertę ir pageidaujamą kapitalo grąžą.

Pagrindiniai darnios plėtros rodikliai, kurie buvo įvardinti Brundtland komisijos ataskaitoje „*Our common future*“ (WCED 1987):

- ateities poreikiai negali būti paaukoti dabartinėms reikmėms;
- dabartinio pasaulio sistema nėra darni, todėl ją reikia keisti, norint patenkinti einamuosius poreikius;
- žmonijos ekonominė ateitis yra susijusi su natūralių sistemų vientisumu;
- turime elgtis taip, kad išsaugotume kuo daugiau galimybių ateities kartoms, kol jos pačios nustatys savo poreikius;
- neapsaugosime aplinkos, kol nepagerinsime skurdžiausių pasaulio žmonių ekonominių perspektyvų.

Dabartiniame mokslo pasaulyje darnios plėtros idėjos yra naudojamos dideliu mastu ir nagrinėjamos daugelio problemų sprendime, atrandant įvairiausius priėjimus prie sprendimo. Statybos srityje darnią plėtrą vertino statybos mokslininkai Glock (2013), Kracka ir Zavadskas (2013), Bynum *et al.* (2013),

Son *et al.* (2012), nagrinėdami problemas, su kuriomis susiduria statybos rinka. Su darnios plėtros reikalavimais susiduria ir kitos sritys, tokios kaip verslas (Rizzi *et al.* 2013; Raslanas *et al.* 2012; Coenen *et al.* 2012), energetikos efektyvumo (Colson *et al.* 2014; Davis *et al.* 2013; Paleta *et al.* 2012;), inžinerinių sričių (Tam *et al.* 2013; Milutienė *et al.* 2012; Medineckienė *et al.* 2011), gamtos saugos mokslų (Frenkel *et al.* 2014; Horlings, Marsden 2014; Kaklauskas *et al.* 2011). Darnios plėtros problemos yra sprendžiamos kiekvienoje žmogaus gyvenimo srityje, nes kiekviena aplinkos detalė yra nuolatos įtakojama ar nulemia kitus procesus, kurie sudaro subalansuotą aplinką.

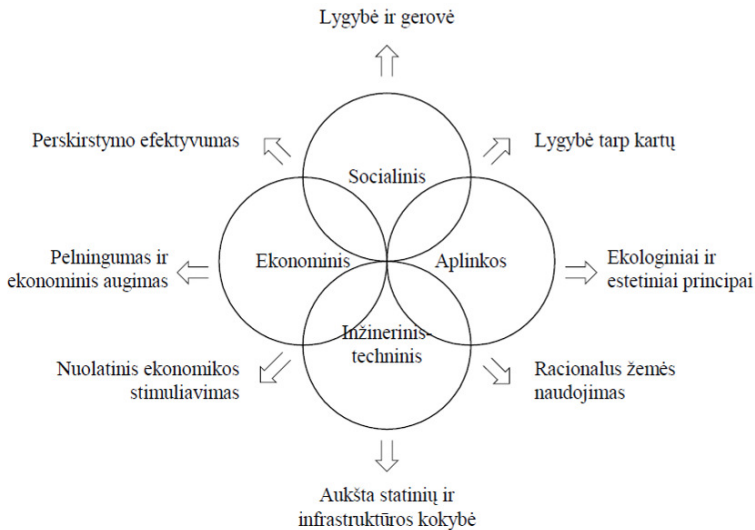
Vienas ryškiausių šių dienų darnios plėtros uždavinio pavyzdys – klimato kaitą įtakojančių veiksnių mažinimas. Sprendimas apima daug susijusių sričių, tokių kaip verslo veikla, gamyba, vartojimas, logistika, požiūris ir svarbiausia – žmogiškasis faktorius tai pakeisti. Šioje sistemoje susipina ne tik regioninės problemos – čia sąveikauja skirtingos visuomenės, kultūros, politinės jėgos.

Darni plėtra yra vienas didžiausių šių dienų iššūkių, nors vienareikšmio apibrėžimo darnai aprašyti nėra. Tačiau visų sričių mokslinius tyrimus jungia bendri darnos principai, apimantys politinę, ekonominę, teisinę, socialinę ir aplinkos dimensijas, siekiantys tenkinti visuomenės poreikius (United Nations University 2012). Darna sukuria ir palaiko sąlygas, kuriomis žmogus ir gamta gali egzistuoti produktyviai bei harmoningai, kad galėtume įgyvendinti socialinius, ekonominius ir kitus reikalavimus dabarties ir ateities kartoms. Būtent dėl šios priežasties statybos sektoriui, kaip svarią įtaką darančiam sektoriui, yra skiriamas dėmesys, nagrinėjant vykstančius procesus.

Darnios plėtros principus statyboje galima būtų apibūdinti 1.1 paveiksle Šaparausko (2004) pateikiama darnios statybos schema.

Darnios statybos tikslas – sukurti tokius pastatus, kurie padėtų taupyti visų tipų energiją ir išteklius, ypač iškastinio kuro, tinkamai ir atsakingai tvarkyti atliekas bei jas panaudoti energijos gamybai, saugoti šios aplinkos gyventojų sveikatą, socialinę ir fizinę saugumą. Būtina integruoti naujausias statybos technologijas bei procesų vykdymą, siekiant kuo mažesnėmis sąnaudomis kurti statybos produktus. Kitas tikslas – integruoti naujai statomus arba atnaujinamus statinius į bendrą teritorijų kontekstą, nesukuriant vizualinės taršos mieste ir didinant visų pastatų prieinamumą ypač žmonėms su specialiaisiais poreikiais.

Apibrėžiant darnios statybos uždavinių sprendimo kryptingumus reikėtų išskirti, kad statybos darni plėtra yra pasiekama, kai bendras visų suinteresuotų grupių poreikių ir tikslų patenkinimo lygis yra didžiausias. Numatomi tikslai turi apimti darnią ekonominių, socialinių, techninių, valdymo sistemų tarpusavio sąveiką ir tik tuomet yra pasiekiamas aukščiausias šios sąveikos lygmuo.



1.1 pav. Darnios statybos samprata (Šaparauskas 2004)

Fig. 1.1. Sustainable construction methodology (Šaparauskas 2004)

Atsižvelgiant į mokslinėje literatūroje pateiktus darnios plėtros apibrėžimus, disertacijoje statybos projektų darnos vertinimą siūloma vykdyti siekiant užtikrinti visuomenės dalyvavimą priimančiais sprendimais, panaudojant šiuolaikines sprendimų paramos teorijas, grindžiant kompleksinius statybos projektų darnos vertinimo sprendinius, užtikrinančius ateities visuomenės poreikių tenkinimą.

1.2. Pastatų darnios statybos problematika

Pirmosios idėjos apie miestų darnią plėtrą buvo pristatytos jungtinių Tautų konferencijoje 1992 metais Rio de Ženeire (UNCED 1992). Darnios plėtros idėjų realaus įgyvendinimo pradžia gali būti laikoma 1999 m. paskelbta pasaulio banko strategija, kuria buvo siekiama skatinti plėtotis Rytų Azijos regiono šalis, tokias kaip Indonezija, Filipinai, Tailandas ir Kinija. Pagrindinė socialinė problema – didelis gyventojų skaičius. Todėl pagrindinis darnios plėtros tikslas – skatinti naujos statybos plėtrą, gyvenamosios, administracinės ir gamybinės paskirties ploto trūkumo problemų sprendimą. Aukšto išsivystymo lygio šalyse darnios plėtros idėjos buvo nukreiptos ir į esamų pastatų reikalavimų gerinimą ir naujai atsirandančių pastatų naudotojų poreikių užtikrinimą (Bourdeau 1999). Pasaulio banko 1999 m. deklaruota nekilnojamojo turto rinkos politika buvo grindžiama mokslo pasaulyje įsitvirtinančiomis mokslininkų nuomonėmis, kad

iki 2040 metų turi būti sumažintas pastatų poveikis aplinkai (Rees 1999) ir gerinamas egzistuojančių pastatų sektorius ir naujų objektų statyba (Kohler 1999).

Pastatų naujos statybos ir atnaujinimo politika prasideda šalies viešojo administravimo srityje, kurioje plėtojamos darnios plėtros idėjos atliekant teritorijų detalų planavimą. Problemų teritorijų plėtros sektoriuje yra pakankamai daug: globalūs energetikos, klimato kaitos, demografiniai ir kultūriniai veiksniai, socialinės infrastruktūros ir susisiektimo komunikacijų stoka kelia rimtą iššūkį miestams, apgyvendintoms teritorijoms bei jų gyventojams. Rengiami teritorijų detalieji planai turi užtikrinti darnią teritorijų plėtrą, ekonominį augimą, darbo vietų užtikrinimą, investicijų pritraukimą, viešosios infrastruktūros plėtrą. Todėl būtina kurti kompleksinę nacionalinio lygmens planų įgyvendinimo sistemą.

Mokslininkų Rees (1999) ir Kohler (1999) idėjos papildė vieną kitą, formuodamos viziją, kad ne tik pastatų darni plėtra kuria šalies teritorijų subalansuotą plėtrą, bet ji sukuriamą sąveikaujant visiems veiksniams, kurie užtikrintų ekonominį augimą, socialinę pažangą, taupų gamtinių išteklių naudojimą išsaugant ekologinę pusiausvyrą (Saha, Paterson 2008).

Galima išskirti sritis, kurios būtų tobulinamos siekiant užtikrinti darnią plėtrą statybos sektoriuje: teritorijų planavimą, tinkamą neužimtų teritorijų panaudojimą, naujų pastatų statybą, konversiją ir apleistų ar nebaigtos statybos pastatų tvarkybą (tarp jų ir kultūros paveldo statiniai).

2001 metais Lietuvos mokslininkai nagrinėjo buvusių karinių objektų ir pavojingų bei užterštų teritorijų sutvarkymo klausimus (Baltrėnas *et al.* 2001 a, 2001b). Šiandieną šie kariniai objektai dažniausiai yra palikti likimo valiai. Tam tikras sienų ir perdengimų konstrukcijas perdirbus būtų užtikrinamas pakartotinis statybinių medžiagų panaudojimas, tačiau užsiimti teritorijų išvalymu nuo kenksmingų medžiagų trūksta valstybinio suinteresuotumo ir finansinių išteklių.

Apleisti ir nebaigti realizuoti statybos projektai, kurie dėl susiklosčiusios pastarojo meto situacijos statybos sektoriuje, dėl krizės finansų rinkose ir nekilnojamojo turto aplinkoje nebuvo užbaigti rangovų. Daugelis statybos vystytojų nekilnojamojo turto krizės metu payrė nuostolių dėl kitų rinkos dalyvių įsiskolinimų ar bankrutavo. Kita daugelio valstybių problema – apleisti kultūros paveldo pastatai ir objektai. Pagrindinis disertacijos objektas – kompleksškai įvertinti statybos projekto sėkmę nulemiančius veiksniai, priimant tinkamus sprendimus.

Įvairių Lietuvos ir pasaulio autorių sukurtuose atnaujinimo analizės modeliuose daug dėmesio skiriama atnaujinimo procesams, informacijos surinkimo metodams, sprendimų priėmimui, subalansuotos plėtros principų įgyvendinimui, energetinio efektyvumo užtikrinimui ir baigtinių rezultatų įvertinimui. Visgi pasaulyje sukurti statybos projektų kompleksinės analizės modeliai taikomi labai specializuotoms sritims, analizuojami atskiri kompleksinio vertinimo procesai arba atskirų objektų (pvz., būsto, gamybinių patalpų, komercinių patalpų, viešbučių) atnaujinimo sprendimai. Tik keletas mokslininkų bando integruotai

analizuoti kompleksinį statybos projektų vertinimą. Nėra sukurto integruoto gyvenamosios aplinkos atnaujinimą, kaip visumą, nagrinėjančio modelio, kuris apimtų projektų vystymo teritorijos pasirinkimą ir projekto sėkmės įvertinimą.

Norint įgyvendinti darnių statybos projektų realizavimo idėjas, reikalingi moksliniai tyrimai ir jų pagrindu parengtos taikomosios priemonės, kurios padėtų racionaliai spręsti numatomo įgyvendinti projekto sėkmę ir nustatytų planuojamo projekto pridedamąją vertę visai pastatų supančiai aplinkai. Darnios plėtros projektai statyboje apima daugelį sričių, kuriose iš anksto privaloma priimti strateginius sprendimus, įvertinant statybos projekto ir technines procedūras, numatant ekonominį bei socialinį projekto efektyvumą. Procesui optimizuoti būtina pasitelkti sprendimų rėmimo priemonės, padedančias įvertinti pastatų tvarkymo privalumus ir trūkumus bei nustatytų šių alternatyvų prioritetus.

Atliekant mokslinės literatūros analizę nustatyta, kad apleistų gamybinės, nebaigtos gyvenamosios ir kultūros paveldo paskirties pastatų užbaigimas arba pritaikymas dabartiniams nekilnojamojo turto rinkos naudotojų poreikiams turi būti visapusiškai pagrįstas. Racionalus objektų naudojimas, tinkamų esamų teritorijų pasirinkimas ir projektų įgyvendinimas turi būti modeliuojamas kompleksškai, įvertinant techninius ir ne techninius pastatų pertvarkymo aspektus, atnešančius finansinę ir socialinę naudą visiems aplinkos dalyviams. Efektyvių sprendimų priėmimas yra aktualus finansuojančioms valstybės institucijoms, verslui, gyventojams ir suinteresuotoms grupėms.

Nuolatinis pastatų eksploatavimo brangimas reikalauja efektyvių, nesudėtingų ir nebrangių pastatų atnaujinimo sprendimų, siekiant užtikrinti darnios plėtros strategijos laikymosi. Alternatyvių energijos šaltinių paieška susieta su atliekų panaudojimu (atliekų deginimas), šildymo sistemų modernizavimas, sienų, stogo apšiltinimas, langų ir durų keitimas yra vienos rezultatyviausių priemonių. Taip pat labai svarbu žinoti, kad siūlomos energiją taupančios priemonės veikia taip, kaip buvo numatyta, kad realūs energijos sutaupymai atitinka projektinius (Mathews *et al.* 2002). Tokios darnios plėtros politikos laikymasis suteikia galimybes kompleksškai pasižiūrėti į visos aplinkos tobulinimą, siekiant didinti aplinkos efektyvumą ir skatinti darnią teritorijos plėtrą.

Atsižvelgiant į mokslinėje literatūroje aptartus statybos sektoriaus aspektus, disertacijos autorius išskiria aktualias statybos sektoriaus esmines gyvenamosios, administracinės bei gamybinės paskirties pastatų statybos ir eksploatacijos problemas. Statybos vystytojų veiklos teritorijos nustatymas, joje jau esančių ir ketinamų įgyvendinti projektų vertinimas atsižvelgiant į socialiai atsakingo verslo plėtros principus yra siejamas su dabarties miestų ir kitų teritorijų plėtra. Užtikrinant šiuolaikinio miesto ir kitų teritorijų darnią plėtrą, būtina kompleksškai nustatyti naujų projektų vietos lokalizavimo, apleisto kultūros paveldo bei nebaigtos statybos pastatų tolimesnio naudojimo sprendimo paieškos algoritmus.

Šių projektų sprendimų rezultatai ir jų praktinis įgyvendinimas lemia dabartinį darnios aplinkos progresą.

1.3. Darnios statybos integravimas į miestų plėtrą

Darnios plėtros realus įgyvendinimas yra vienas iš pagrindinių tikslų visame pasaulyje. Šiame procese svarbiausią poziciją užima gyventojų socialiniai poreikiai, jų požiūris į supančią aplinką ir gamtą (Baumgärtner, Quaas 2010). Žmonės, verslas, visuomenės ir valdžios institucijos kartu ieško būdų kaip skatinti ekonomikos plėtrą, vystyti aplinkos ir socialinę gerovę siekiant patenkinti žmonių prigimtinius poreikius (Viteikienė, Zavadskas 2007; Mayer 2008).

Miestų sąvoka, vadovaujantis Lietuvos Respublikos Teritorijos administracinių vienetų ir jų ribų įstatymu, yra apibrėžta kaip kompaktiškai užstatytos gyvenamosios vietovės, turinčios daugiau kaip 3000 gyventojų, kurių daugiau kaip 2/3 dirbančiųjų dirba pramonėje, verslo bei gamybinės ir socialinės infrastruktūros srityse. Miestų teritorijų plėtroje, pastatų statybos, naudojimo ir valdymo srityje, darni plėtra apima visą pastato gyvavimo ciklą nuo planavimo iki utilizavimo stadijų (Antuchevičienė, Zavaskas 2004). Miestų plėtra privalo būti pagrįsta darnaus mąstymo idėjomis ir veiksmais visose statybos ir plėtros kūrimo ir panaudojimo stadijose (Bourdeau 1999):

- planavimo (strateginiai ir vietiniai planai);
- nuosavybės plėtros (privatūs ir viešieji interesai);
- projektavimo (vietovės, pastato ir jo komponentų);
- statybos darbų (naujo pastato statyba, rekonstrukcija, išmontavimas);
- naudojimo (naudojimas, priežiūra ir remontas, pastatų ūkio valdymas).

Moksliniuose tyrimuose akcentuojama, jog siekiant įtvirtinti miestų darnios plėtros idėjas, būtina eiti darnios statybos linkme (Courtney 1999). Šia linkme nukreipta statinių statyba įgyvendina daugelį šalies darnios plėtros politikos tikslų – miesto centrų ir kitų pastatų atgaivinimas, gyvenviečių, kuriose reikia mažiau keliauti automobiliu, planavimas, taupesnis energijos naudojimas, kraštovaizdžio apsauga bei naudingųjų iškasenų gavybos minimizavimas (Construction Best Practice Programme 2002)

Šiuolaikiniuose miestuose, stengiantis pritaikyti esamus pastatus pagal darnios plėtros principus, turi būti žvelgiama į ateities vizijas, į naujausias technologijas, numanomas artimiausioje ateityje gyventojų poreikius (Haapio, Viitanieni 2008a). Būtina skirti ypatingą dėmesį statybos darbų ir pastato gyvavimo procese susidarančių teršalų išsiskyrimo į atmosferą sumažinimui (Liu *et al.* 2010). Šie teršalai tarsi apytakos ciklas susidaro gaminant statybos

medžiagas, deginant kurą, kuris yra būtinas statybos mechanizmams, netinkamai rūšiuojant statybos atliekas ir netaupiai eksploatuojant statinius.

Vadovaujantis miestų darnios plėtros principais, būtina atrasti geriausią pastatų statybos ir eksploatavimo variantą, kurio statyba ir eksploatavimas sukurtų mažiausią neigiamą efektą supančiai aplinkai (Zhang *et al.* 2006). Toks vertinimas turi apimti visas su pastatu susijusias išorines bei vidines sistemas, kurios užtikrintų pastato efektyvumą. Pavyzdžiui, būtina įvertinti šildymo sistemos efektyvumą: kokią sistemą ar kokį kurą pasirinkti pastato apšildymui (Papadopoulos *et al.* 2008). Miesto statiniai ir kitos statybos darbais sukurtos miesto erdvės privalo būti įvertintos ne tik iš techninės pusės, tačiau svarbu nustatyti statybos projektų poveikį aplinkai (Haapio Viitaniemi 2008 a,b).

Nagrinėjant mokslinę literatūrą, miestų darni plėtra yra apibrėžiama daugeliu aspektų. Mokslininkai Schetke ir Haase (2008) darnios miestų plėtros rodiklius grupuoja į dvi pagrindines sritis: aplinkosaugos ir socialinę. Ceccato ir Lukytė (2011) akcentuoja, kad planuojant miestų plėtrą, būtina užtikrinti kuo aukštesnį gyventojų saugumo lygį jų gyvenamojoje aplinkoje. Feng ir Xu nagrinėdami miestų plėtros tendencijas įvardina sritis, kurios tiesiogiai įtakoja miesto aplinkos plėtrą (Feng, Xu 1999). Apibendrintas Schetke ir Haase (2008) bei Feng ir Xu (1999) darnaus miesto rodiklių grupavimas pateikiamas 1.1 lentelėje:

1.1 lentelė. Miestų darnios plėtros veiksniai (Shetke, Haase 2008; Feng, Xu 1999)

Table 1.1. Factors of sustainable development of city (Shetke, Haase 2008; Feng, Xu 1999)

Bendrasis rodiklis	Rodiklių sistemos	Vidurinio lygmens rodikliai	Mikrolygmens rodikliai
1	2	3	4
Bendroji miesto plėtra	Socialinė plėtra	Miesto gyventojų padėtis	Natūralus gyventojų prieaugis; Gyventojų tankumas; Priimtų studentų į kolegijas ir universitetus skaičius; Mokslininkų ar inžinierių skaičius tūkstančiui darbuotojų;
		Miesto gyvenimo kokybė	Vienam gyventojui tenkančios pajamos; Vidutinis vieno darbuotojo darbo užmokestis; Vienam gyventojui tenkantis gyvenamasis plotas; Vieno gyventojų suvartojamo vandens kiekis; Automobilių skaičius, tenkantis 1000 gyventojų;
		Miesto valdymas	Autoįvykių skaičius, tenkantis 100000 gyventojų; Gaisrų skaičius, tenkantis 100000 gyventojų; Žaliųjų erdvių saugojimas.

1.1 lentelės tęsinys

1	2	3	4
Bendroji miesto plėtra	Ekonominė plėtra	Regiono ekonominė veikla	Bendrasis vidaus produktas (BVP); Kapitalo pelningumas; Pagamintos pramonės produkcijos apimtys; Bendrosios investicijos; Mažmeninėje prekyboje esančių prekių bendra vertė; Miesto biudžeto pajamos; Pajamos, gautos iš turizmo; Eksportas.
		Apibendrintasis ekonomikos efektyvumas	Nacionalinės pajamos; Gamybos našumas; Pramonės produkcijos apimtys;
		Tarptautinės investicijos	Naujų įmonių, pritraukiančių tarptautines investicijas, skaičius; Tarptautinio kapitalo dalis įmonėse; Faktiškai naudojamo tarptautinio kapitalo kiekis;
	Aplinkosauga		Medžiais ir gėlynais užsodintos teritorijos plotas; Vienam gyventojui tenkantis želdinių plotas; Apdorotų pramonės nuotekų kiekis; Apdorotų pramonės dujinių teršalų kiekis; Apdorotų pramonės kietųjų atliekų kiekis; Dirvožemio kokybė; Gruntinio vandens regeneravimas;

1995 m. Barselonoje (Ispanija) buvo pristatyta programa „Agenda 21“ (Agenda 21). Šios programos tikslas nustatyti priemones, kurios įvertintų procesus, padedančius užtikrinti miesto plėtrą įgyvendinant darnaus vystymosi politiką. „Agenda 21“ programa buvo sudaryta iš 11 strategijų, kurių tarpusavio sąveika miesto aplinkoje leistų pasiekti užsibrėžtus tikslus (1.2 lentelė).

Įvertinus mokslinėje literatūroje apibūdinamus darnaus miesto plėtos modelius bei strategijas galima daryti išvadą, kad darnaus miesto sąvoka apima daugelį elementų, tokių kaip socialinė, ekonominė ir aplinkosauginė plėtra, kurių įgyvendinimas ir užtikrinimas reikalauja papildomų sprendimų. Tampa aišku, kad darnaus miesto modelis yra įmanomas tik sąveikaujant visiems su miesto gyvenimu susijusiems dalyviams, t. y. nuo administracinio aparato iki pedagoginio švietimo mokyklose, nuo šalies ekonomikos progreso iki namų ūkių savikontrolės ir daugelio kitų sričių.

Didelė dalis darnaus miesto plėtrą įtakojančių sričių priklauso statybos šakai, apimančiai naują statybą, senos statybos pastatų pritaikymą šiandieniems vartotojų poreikiams, kelių bei inžinerinių tinklų tiesimą, atsinaujinančių energijos šaltinių integravimą į pastatų eksploataciją ir kt.

1.2 lentelė. Agenda 21 strategijos (Marsal-Llacuna *et al.* 2015)**Table 1.2.** Strategy of the Agenda 21 (Marsal-Llacuna *et al.* 2015)

Strategija	Strategijos reikšmė	Strategijos priemonės
Nr. 1	Žaliųjų erdvių ir biologinės įvairovės didinimas apgyvendintose vietovėse	Paukščių įvairovė
		Individualių žaliųjų teritorijų plėtra
Nr. 2	Miesto viešųjų erdvių kompaktiškumas ir įvairovė	Viešųjų erdvių ir paslaugų prieinamumas
		Viešųjų erdvių renovacija
Nr. 3	Viešojo transporto sistemos plėtra	Transporto šrautų pritaikymas augančiam gyventojų skaičiui, suteikiant galimybę keliauti viešų transportu, dviračiais bei pėsčiomis.
		Gatvių suskirstymas, kuriose prioritetą keliauti skiriamas pėsčiomis arba viešoju transportu.
Nr. 4	Aplinkos kokybės ir sveiko miesto nustatymas	Triukšmingumas
		Papildinių aplinkos kokybė
		Oro kokybė (Ozono ir anglies dvideginio koncentracija)
		Vidutinio gyventojų gyvenimo amžiaus ilgėjimas
Nr. 5	Atsinaujinančių energijos šaltinių naudojimas ir ribotų išteklių tausojimas	Gėlo vandens naudojimas tik gyventojų asmeniniams poreikiams
		Pakartotinis kritulių panaudojimas
		Energijos gamyba iš atsinaujinančios energijos
Nr. 6	Atliekų rūšiavimas ir rūšiavimo kultūros skatinimas	Mažinti susidarančius atliekų kiekius
		Organinių medžiagų perdirbimas
		Atliekų rūšiavimas
Nr. 7	Socialinio gyvenimo ir bendravimo skatinimas	Dalyvavimas savivaldybės veikloje
		Asociacijų plėtra
		Studentų skaičiaus reguliavimas
		Akademinių programų reguliavimas
Nr. 8	Verslo subjektų veiklos reguliavimas vadovaujantis darnios plėtros principais	Nekilnojamojo turto apyvartumo reguliavimas
		Verslo subjektų sertifikavimas
Nr. 9	Darnaus vystymosi švietimas	Mokyklų, propaguojančių darnaus vystymo mokymo programas, skaičius
Nr. 10	Tarptautinis miestų bendradarbiavimas	Bendros anglies dvideginio reguliavimo programos
		Tinkamų produktų vartojimas
Nr. 11	Aukščiau įvardintų strategijų laikymasis	Gyventojų pasitenkinimo miesto valdymo politika lygis

Statybos sritis privalo apimti tiek architektūrinius, tiek aplinkosauginius, tiek socialinius bei ekonominius aspektus vertinant miesto, kuriame bus patogu ir ateities kartoms, vystymą. Darnaus miesto modeliavimui reikalingas kompleksinis modelis, pagal kurį būtų galima atlikti miesto raidos analizę ir darnios plėt-

ros planavimą ateityje pritaikant šiuolaikines technologijas ir strateginius sprendimus.

Miestų darnos vertinimo sistema nėra įsitvirtinusi dėl vienareikšmių reikalavimų stokos. Tanguay *et al.* (2010) išanalizavo 23 tyrimus, skirtus išsivysčiusiose Vakarų šalyse taikomiems darnios urbanistinės plėtros rodikliams. Net 72 % šių rodiklių naudojami tik viename ar dviejuose tyrimuose, o daugiau nei penkiuose straipsniuose – vos keli (Tanguay *et al.* 2010). Ši situacija galėjo susidaryti dėl perdėto autorių polinkio susitelkti į konkrečiai vietovei būdingą kontekstą ir savybes, mat esminiai miestų darnos reikalavimai dar nepakankamai aiškūs. Remiantis skirtingais laiko masteliais, darnos rodiklius apibrėžti nelengva (Putzhuber, Hasenauer 2010).

Nepaisant spartėjančios urbanizacijos, žmogus išlieka priklausomas nuo aplinkos, todėl miestų darna yra neatsiejama nuo vientisumo su atokiomis kaimiškoms vietovėms ir darnos su jomis (Rees *et al.* 2001). Tai pamatinė miestų darnos idėja. Remdamiesi ja galima manyti, kad yra dvi esminės miestų darnos vertinimo sąlygos: vertinti miestų darną atsižvelgiant į aplinkos, ekonomines ir socialines dimensijas, ir vertinti tiesioginį bei netiesioginį išorinį poveikį ir miesto priklausomybę nuo kitų, už miesto ribos esančių teritorijų.

Teigiamas aglomeracijos poveikis – viena pagrindinių miestų plėtros priežasčių, galinčių nusverti perteklinės koncentracijos kaštus: aplinkos užterštumą, įtemptą gyvenseną ir pan. Miestai pritraukia vis daugiau gyventojų ir antropogeninių išteklių, o gamtos patiriamų nuostolių mastą galima prilyginti žmonių skaičiaus ir jų sukuriamo turto augimui (Bithas, Christofakis 2006). Miestų augimas reikalauja kompromiso tarp aglomeracijos, masto ir aprėpties ekonomijų bei tokių neekonomiškų reiškinių kaip gyventojų perteklinis koncentravimasis ar aplinkos tarša. Tikėtina, kad aplinkos kokybės problemos stiprės plintant urbanizacijai, o tokie veiksniai kaip žemės paskirtis, transporto sistema ir miesto erdvinis planavimas nulems urbanistinės aplinkosaugos pajėgumus (Munda 2006). Remiantis šia ypatybe, teigiamą ir neigiamą aglomeracijos poveikį būtina vertinti atsižvelgiant į visus aplinkosaugos, ekonomikos ir socialius aspektus. Kalbant apie miestus, dažniausia ieškoma kompromiso tarp šių aspektų. Tačiau siekiant darnios plėtros, derėtų vengti žalos aplinkai kompensavimo ekonomine nauda. Jei ekonominiams pasiekimams suteiksime pernelyg didelės reikšmės, miesto darna gali tapti neatspari šiems kriterijams. Tačiau per didelės reikšmės suteikus aplinkosaugos aspektams, miesto darna gali būti neobjektyviai nuvertinta.

Darnaus miesto aiškinimas – tai miestas, kurio urbanistinėje politikoje aplinkosaugos aspektams skiriamas prioritetas. Deja, tokia interpretacija atrodo ribota, mat nuvertinami aglomeracijos pranašumai miestui (Camagni *et al.* 1998). Taigi, iš stiprios darnos požiūrio taško miesto darnos vertinimo sąvokoje būtina atsižvelgti į visas tris dimensijas. Darniuose miestuose ekonominė veikla

plėtojama priklausomai nuo vietinės ekosistemos pajėgumų, taip siekiant užtikrinti bendros naudos visiems vietos gyventojams (Devuyst, 2001).

Nors mieste didžiausias dėmesys skiriamas ekonominei plėtrai, jis išlieka priklausomas nuo aptarnaujančių – maistą tiekiančių, atliekas tvarkančių – teritorijų, o taip pat – taršos bei netiesioginio ekosistemos paslaugų ir pan., todėl vertindami aplinkosaugos aspektus, privalome atsižvelgti į išorės poveikį miestui bei jo priklausomybę nuo kitų, už miesto ribos esančių teritorijų. Miestai – atviros sistemos, veikiančios kitas teritorijas ir visą planetą (Munda, 2006). Miestai skiriasi nuo šalių ar regionų, nes pastaruosiuose plyti daug neurbanizuotų teritorijų. Tačiau miestai negali veikti nepriklausomi ir savarankiškai. Todėl jie jau iš prigimties yra priklausomi nuo išteklių importo, kurių dauguma – neatsinaujinantys, bei atliekų eksporto, kurių dalis – biologiškai neskaidžios (Camagni *et al.*, 1998). Miestams būtinos natūralios ir biologinės funkcijos užtikrinamos ekosistemų, kurių dauguma yra už miesto erdvės, o urbanistinės sistemos biologinio ir natūralaus statuso siekyje į miesto erdvę įsileista gamta teturi ribinį, papildantį vaidmenį (Bithas, Christofakis, 2006). Be to, reikia pripažinti, kad sąlyginai mažesnės urbanistinės teritorijos poreikiai į išorinius išteklius gali būti didesni, tad nors vietinė darna ir bus užtikrinta, ji gali neigiamai paveikti kitas teritorijas. Išorės poveikis dar vadinamas „nutekėjimu“. Nutekėjimas pasireiškia, kai vietinės sistemos atrodo darnios dėl iš kitų sistemų gaunamų daugybės išteklių už tų sistemų darnai nepalankius įkainius (Mayer 2008).

Ypatingai svarbu įvertinti netiesioginį ir tiesioginį išorinį poveikį ir miestų priklausomumą nuo kitų teritorijų. Tam tikroje ribotoje erdvėje vykdoma ekonominė veikla – dėl prekybos ir medžiagų judėjimo – daro tiesioginį ir netiesioginį neigiamą poveikį išorei – kitoms teritorijoms. Dėl miesto ribas peržengiančios prekybos, socialinio ir aplinkai daromo poveikio vietinė darna tampa dinamiškai susijusi su kitų teritorijų darna (Graymore *et al.* 2010). Prekyba sudaro sąlygas vietos gyventojams viršyti vietinius pajėgumus, o tai turi neigiamą poveikį planetai, mat šia prasme reikšmingas bendras visų rezultatas (Daily, Ehrlich 1992). Tokį išorinį poveikį bandoma vertinti pasitelkus ekologinį pėdsaką (EP). Šiuo matu vertinamas visuminis prekių ir paslaugų suvartojimas bei sukaupytų atliekų kiekis vienam biologiškai produktyvios žemės globaliam hektarui (matavimo vienetas) (Wackernagel, Rees 1997). Tokiu atveju įmanoma įvertinti išorinį tikslinio miesto poveikį skirtumu (ekologiniu deficitu) tarp apskaičiuotų hektarų (ekologinio pėdsako) ir biologiškai produktyvios žemės (biologinio pajėgumo) (Bagliani *et al.* 2008; Wackernagel *et al.* 2006). Nors EP sąvoka vertina tiesioginį ir netiesioginį poveikį, ji – pernelyg sudėtinė. Suskaičiavus suminį tiesioginį ir netiesioginį suvartojimą, nustatomas menamas fiksuotas pakaitalo tarifas pagal skirtingą poveikį aplinkai. Netiesioginiam poveikiui vertinti naudingas ir virtualaus vandens terminas. Pavyzdžiui, žemės ūkio produkcijos importas tuo pačiu reiškia ir importuojamą vandenį. Šis terminas

taikomas vertinant priklausomumą nuo kitų reikšmingų išorės aplinkos išteklių bei netiesioginio taršos poveikio, kuris menamai patiriamas dėl vykdomos prekybos. Vandens pėdsako sąvoka siekiama parodyti nematomas sąsajas tarp vartojimo ir sunaudojamo vandens bei pasaulinės prekybos ir vandens išteklių valdymo (Hoekstra 2009).

Apibendrinant mokslinės literatūros analizę yra sudėtinga tiksliai ir viena-reikšmiškai nusakyti miestų darnios plėtros modelio sudedamąsias dalis. Susisteminus miesto darnos principus išskiriamos trys pagrindinės kryptys:

1. Aplinkos, ekonomikos ir socialinės gerovės stabilumas.
2. Progreso ir tęstinumo palaikymas tarp dabarties ir ateities kartų, žmogaus bei gamtos subalansuoto ryšio palaikymas.
3. Nuolatinis 1 ir 2 krypties palaikymas bei tobulinimas.

1.4. Darnios statybos vertinimo sistemos

Tobulėjant statybos procesų vadybai, tobulėja ir projektavimo, statybos ir pastatų eksploatacijos procesai, pasitelkiant veiklos automatizavimą, sprendimų paramos sistemas, integruojant glaudų statybos dalyvių bendradarbiavimą. Visi šie procesai plėtojami, siekiant tobulinti statybos sektorių, mažinant žmoniškųjų sąnaudų poreikį, ieškant naujų statybos technologijų, kuriant novatoriškas statybos medžiagas. Darnios plėtros vienas pagrindinių principų – taupyti ribotus išteklius, todėl nuolatos yra ieškomi būdai, kaip maksimaliai subalansuoti visą statybos produkto sukūrimo ciklą, kiek įmanoma sumažinant visą gamybos procese sukuriamą gamtą, supančiai aplinkai ar žmonėms neigiamą įtaką.

Nuolatos kuriami ir tobulinami darnios plėtros vertinimo būdai, sprendimų paramos sistemos, skaičiavimo metodai, kuriais siekiama vertinti darnios plėtros galimybes ir jų tobulinimą. Nagrinėjami ir tobulinami būdai, kaip taupyti išskatinius gamtos išteklius ir juos keisti atsinaujinančiais, CO₂ emisijos mažinimo galimybės, efektyvių gyvenamosios, eksploatacijos ar energijos gamybos sistemų integravimas į gyvenamąją aplinką, kad tokie ištekliai vartotojams būtų pasiekiami paprasčiausiu būdu. Taip pat skatinami sprendimai, užtikrinantys pastatų nulinį ar netgi perteklinį energijos apyvartumą. Nulinės ar perteklinės energijos sprendimai integruojami į naujos ar rekonstruojamos statybos sprendimus, modernizuojamos gamybinės paskirties erdvės, plėtojama draugiška aplinkai energetinė infrastruktūra. Tokios darnos vertinimo sistemų pradininkės pradėjo savo raidą nuo 1992 metų ir nuolatos yra tobulinamos (1.3 lentelė).

1.3 lentelė. Pastatų vertinimo metodai (Ustinovičius *et al.* 2012)**Table 1.3.** Building assessment methods (Ustinovičius *et al.* 2012)

Metodas	Sukūrimo metai, šalis
BREEAM (angl. <i>Building Research Establishment Environmental Assessment Method</i>)	1990, UK
HQE (angl. <i>High Quality Environmental standard</i>)	1992, Prancūzija
BEPAC (angl. <i>Building environmental performance assessment criteria</i>)	1993, Kanada
GBTool (angl. <i>Green building challenge</i>) dabar SBTool	1995, Tarptautinis
Minergie	1994–1997, Šveicarija
BEAM Plus (HK–BEAM – angl. <i>Hong Kong Building Environmental Assessment Method</i>)	1996, Honkongas
LEED (angl. <i>Leadership in Energy and Environment Design</i>)	1998, JAV
LiderA	2000–2005, Portugalija
CEPAS (angl. <i>Comprehensive Environmental Performance Assessment Scheme for Buildings</i>)	2001, Honkongas
Green Star	2003, Australija
TQB	2002, Austrija
CASBEE (angl. <i>Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency</i>)	2004, Japonija
Protocollo ITACA (angl. <i>Innovation and Transparency of the Contracts and Environmental Compatibility</i>)	2005, Italija
DGNB (angl. <i>German Sustainable Building Council</i>)	2007, Vokietija

Siekiant realiai panaudoti šiuos modelius konkrečiai statybos rinkai, būtina pritaikyti ir adaptuoti jo vertinimo sąlygas pagal šalies sąlygas, regioninius techninius ir kultūrinius aspektus bei tenkinant dabartinius visuomenės poreikius.

Statybų sektorius vis labiau susitelkia ties energijos taupymu tiek statant naujus pastatus, tiek renovuojant senus. Tobulinant energines pastatų savybes darnios plėtros požiūriu, didelis dėmesys skiriamas atsakingam ir taupiam vartojimui. ES statybos politika, apimanti Statybos gaminių reglamentą, Ekologinio projektavimo direktyvą, Žaliųjų viešųjų pirkimų gaires, kartu su naujaisiais statybos tvarumo (CEN TC 350), statybos ir gaminių žymėjimo standartais, skatina statybos pramonę laikytis darnios gamybos (PAROC 2015). Privataus kapitalo įmonės ir valstybinės kontrolės institucijos suprato, kad siekiant integracijos, būtina standartizuoti statybos produktus, taip supaprastinant šių produktų reguliavimą. Įmonės, siekiančios konkuruoti sparčiai besivystančioje rinkoje, savo veiklą stengiasi nukreipti konkurencingų produktų kūrimui, nes energiją taupantys sprendimai yra patrauklūs statybos produktų vartotojams. Visų šių sistemų pagrindinis tikslas – skatinti darnios plėtros sprendimus.

1.5. Daugiatiksliai metodai statybos projektų darnos vertinimui

Plėtojant darnios plėtros principais grindžiamą kompleksinį modelį, kuriuo būtų galima vertinti sprendimus statybos projektų planavimo etape, kuomet yra vertinamas projekto efektyvumas, reikia kruopščiai, detaliai, atsakingai bei tikslingai parinkti alternatyvas bei įvertinti daugybę kokybinių ir kiekybinių rodiklių, kurie kuo tiksliau apibūdintų nagrinėjamo uždavinio tematiką ir esmę. Geriausio sprendimo iš galimų pasirinkimo galimybių ieškoma pagal daugelį užsibrėžtų tikslų, iš kurių kiekvienas turi savo sprendinį.

Užsibrėžtas tikslas – tai kiekvienos suinteresuotos projekto įgyvendinimo grupės noras patenkinti savo ekonominius, techninius, socialinius poreikius, arba tikslai gali būti siejami su plataus masto ideologija – pavyzdžiui tikslai aplinkosaugos gerinimo srityje. Siekiant susipažinti su daugiatikslių sprendimo paramos metodų taikymu istoriniame kontekste yra atlikta sprendimų pagrindimo pavyzdžių mokslinėje literatūroje analizė.

Dabartinėje pasaulio raidoje galima atrasti daug informacijos apie atliktus mokslinius tyrimus įvairiose srityse, tarp kurių šalių statybos rinkos analizės bei vertinimai, nagrinėjamos problemos pagal konkrečius kokybinius ir kiekybinius rodiklius, vertinama statybos rinka, aplinka, rinkoje atsirandančios inovatyvios medžiagos, statybos įrenginiai, technologiniai sprendimai ir kiti su statybos sektoriumi susiję ypatumai. Tokio tipo tyrimuose vertinami veiksniai visu pirma apibūdinami koncepcine forma (tekstas, skaičiai, grafikai, formulės, duomenų surinkimo būdai, esminiai faktoriai), o paskui kiekybine. Daugiatikslių metodų taikymo naudą ir galimybes sudėtingiems uždaviniams spręsti pagrindžia šių metodų taikymo gausa viso pasaulio moksliniuose darbuose. Vadovaujantis *Thomson Reuters Web of Knowledge*, *Web of Science* mokslinių publikacijų gausa, galima daryti išvadą, kad MADM populiarumas privataus kapitalo, verslo sektoriuje, valstybinio administravimo subjektuose ar visuomeniniuose sluoksniuose auga, atsiranda naujų, hibridinių metodų, pritaikytų įvairių sričių problemų sprendimams.

Klasikiniai daugiatikslio vertinimo metodai – reikšmingumo, naudingumo ir vertės nustatymo metodai pradėti taikyti 1896 m. Pareto (Pareto 1971). Šie metodai buvo susiję su ekonomikos uždavinių sprendimu. Daugiatikslio vertinimo metodai pradėti taikyti nuo 1960 m.

Nagrinėjant statybos projektų efektyvumą jau iš anksto privalu įvertinti pastato poveikį aplinkai, kurį nulemia pirmaisiais projektavimo etapais priimti sprendimai. Reikia priimti daugybę sprendimų, o projektuotojams dažniausiai pristinga intuicijos, kompetencijos ar žinių išskiriant reikšmingiausius pastato poveikio aplinkai klausimus (Basbagill *et al.* 2013). Pastato eksploatavimas gali būti išreiškiamas įvairiais rodikliais, pavyzdžiui, pirminiu energijos suvartojimu,

poveikiu aplinkai ir (arba) vidaus patalpų aplinkos kokybe. Eksploatavimo modeliavimas suteikia sprendimus priimančioms asmenims kiekybinį matą, leidžiantį įvertinti siūlomo sprendimo atitiktį projektavimo tikslams ir kriterijams. Projektuojant darnius pastatus ir siekiant efektyvesnio alternatyvių ar racionalaus projektinių sprendimų kūrimo, naudinga nustatyti svarbiausius projektavimo parametrus. Svarbiausius pastato eksploatavimo parametrus galima išsiaiškinti pasitelkus jautrio analizės ir darnių pastatų projektavimo bei optimizacijos metu susitelkti į esminius parametrus (Heiselberg *et al.* 2009).

Heiselberg *et al.* (2009) jautrumo analizės naudoja darnios optimizacijos vertinimui. Tokiais atvejais jautrio analizės dažniausia įmanoma atlikti gana ankstyvų pastato projektavimo etapų metu, kai dar įmanoma paveikti svarbiausius projektavimo parametrus. Tačiau iš jautrumo analizės galima sužinoti, į kurį projektavimo parametrą derėtų sutelkti dėmesį pirmaisiais pastato planavimo etapais, o tolesnių įgyvendinimo fazių metu tokia analizė bei informacija apie nesvarbius parametrus menkai paveikia pastato eksploatavimą.

Laes *et al.* (2008) sprendžia metodologines problemas, kylančias dėl mokslinių žinių, aktualių novatoriškam perėjimui prie darnios energijos sistemos. Autoriai teigia, kad darnios plėtros sričiai priskiriami mokslininkų darbai neatitinka „tiesinio“ proceso nuo empirinių žinių kūrimo iki konsultavimo politikos klausimų. Todėl tokiuose darbuose suteikiama aiškinamųjų, bendrųjų žinių ir galimos veiklos gairių samplaika, skirta konkrečioms problemoms spręsti. Visuomenei bei politikos formuotojams turi būti suteikiamos ne tik žinios apie galimas veiklos kryptis, bet ir užtikrintas supratimas, kaip tokios žinios turi būti interpretuotos, kur slypi neišvengiamas neapibrėžtumas. Kadangi darnos klausimas neišvengiamai daugialypis, socialinių grupių dalyvavimas darnios plėtros strategijų kūrime tampa būtinas. Daugiatiksliai sprendimų metodai suteikia galimybę atsakyti į klausimus susijusius, su darna, pasitelkus žmonių grupės pastangas ar nuomones. Be to, praktinės taktinio ar strateginio lygmens daugiatikslės problemos neretai susijusios su rodiklių ir sprendimų nuomonių neaiškumu. Belgijos darnios energetikos politikos kontekste Laes *et al.* (2008) argumentuotai siūlo priimant ilgalaikius strateginius sprendimus pasitelkti neraiškiaja logika pagrįstas daugiatiksles grupinio sprendimo priemones.

Xing *et al.* (2009) pristatė kuriamą Urbanistinės plėtros vertinimo modelį (*Urban Development Sustainability Assessment Model*), leidžiantį sprendimų priėmėjams išsiaiškinti darnos rodiklius (ekonominius, aplinkosauginius ir socialinius), kuris padėtų įvertinti urbanistinės aplinkos elementų visuminį poveikį. Šio modelio pagrindą sudaro darnos vertinimas (angl. *sustainability assessment model*), sukurtas naftos pramonei. Autoriai aiškina, kad darnos vertinimo modelio gali būti pritaikomas statybos pramonės ir urbanistinės darnos vertinimui. Xing *et al.* (2009) užsimena, kad šio modelio taikymo pagalba interesų grupės išsiaiškino ir įvardino bendro pobūdžio darnos plėtros rodiklių rinkinius.

Chen *et al.* (2010) pabrėžė, kad norint projekto pradžioje išrinkti tinkamą gelžbetoninio pastato statybos metodą, būtina vadovautis rodiklių visuma. Tyrimo rezultatų reitingavimo analizė parodė, kad, renkant statybos metodą, visuomenės sąmoningumas ir aplinkosaugos klausimai tampa vis svaresni. Chen *et al.* (2010) moksliniame darbe parodė, kad ši rodiklių visuma gali būti sudaroma iš trijų esminių rodiklių dimensijų:

- ekonominiai veiksniai: ilgalaikės išlaidos, statybos efektyvumas, kokybė ir pirminės išlaidos;
- socialiniai veiksniai: poveikis sveikatai ir bendruomenei, architektūrinis poveikis;
- aplinkosaugos veiksniai: poveikis aplinkai.

Wang *et al.* (2010) sukūrė pastato gyvavimo ciklo vertinimo metodą ir pademonstravo jo taikymo galimybes realaus statinio studijoje – rengiant strateginį „Flagship Store“ pastato Šanchajuje projektą. Atliekant galimybių studiją dalyvavo ir suinteresuotų įmonių atstovai bei buvo atsižvelgta į šių atstovų išsakytas nuomones bei pastebėjimus rengiamam projektui. Į ekonominę analizę buvo įtrauktos ne tik projektinių pasiūlymų kapitalo išlaidos, bet ir eksploatacinės išlaidos visam pastato gyvavimo ciklui. Naudota metodologija – integruotas gyvavimo ciklo vertinimo procesas, įskaitant gyvavimo ciklo sąnaudų, daugiatikslio sprendimų priėmimo ir grupinio sprendimų priėmimo metodus. Atlikus gyvenimo ciklo vertinimo procesą, įmonės atstovai išrinko ir į privalomų projektavimo strategijų sąrašą įtraukė dešimt darnių projektinių pasiūlymų, skirtų pasaulinio prekybos tinklo plėtrai.

Juan *et al.* (2010) sukūrė integruotą sprendimų paramos sistemą ir pritaikė ją verslo centro renovacijos projektui. Sistema įvertina esamą padėtį ir padeda sprendėjams surasti darnius renovacijos įgyvendinimo sprendimus. Kiekvieno siūlomo renovacijos veiksmo atveju siūlomas racionalus kokybės gerinimo ir investicinių išlaidų sprendimas. Naudojantis tokia sistema, galimi sprendimai išaiškinami pasitelkus naujovišką hibridinį metodą, sudarytą iš trijų žingsnių sistemos: (1) darnūs rodikliai ir atitinkami egzistuojančių verslo centrų vertinamieji elementai; (2) sukurti trys sprendimų paramos sistemos moduliai: taisyklėmis grįsto vertinimo, duomenų valdymo ir algoritmų; (3) sistemos atestavimui pasitelkiamas 0–1 tikslo programavimas (angl. *zero–one goal programming*) ir genetiniai algoritmai, užtikrinantys naudojamų algoritmų veiksmingumą.

Wang *et al.* (2009) apžvelgė metodus, taikytinus skirtingiems etapams, sudarantiems daigiatikslių sprendimų dėl darnios energijos priėmimo procesą: rodiklių atrankos, rodiklių reikšmingumo nustatymo, vertinimo ir galutinio agregavimo. Energijos tiekimo sistemoms taikomi rodikliai apibendrinami atsižvelgiant į techninius, ekonominius, aplinkosaugos ir socialinius aspektus. Rodiklių reikšmingumo nustatymo metodai skirstomi į tris kategorijas: subjektyvaus, objektyvaus ir kombinuoto reikšmingumo nustatymo metodus.

Vučičević *et al.* (2014) pristatė metodą, skirtą darnios plėtros rodikliams atrinkti ir apskaičiuoti. Gyvenamųjų namų darnai įvertinti buvo pasitelkta daugiatikslė analizė.

Alwaer ir Clements-Croome (2010) panaudojo konsensusu pagrįstą modelį (angl. *Sustainable Built Environment Tool*, trump. *SuBETool*), kuris analizuojamas pasitelkus Analitinės Hierarchijos Procesą (*AHP*), skirtą daugiatiksliam sprendimų priėmimui. Autoriai aptarė daugiatikslio modelio panaudojimo galimybę nustatant „protingų“ pastatų darnos vertinimo prioritetus. Šis tyrimas paremtas apklausa apie interesų grupių suvokimą ir tam tikriems atrinktiems pagrindiniams veiklos rodikliams priskiriamas vertes. Tyrėjai tvirtina, kad naudingiausia svarstyti šiuo metu siūlomą SuBETool modelio variantą. Jame nepateikiamas absoliutus „protingo“ pastato projektavimo kokybės matas, tačiau modelį galima panaudoti projektavimo procese, interesų grupių atstovams formuluojant ketinamo įgyvendinti projekto ypatybes.

Savo tyrime Zavadskas ir Vaidogas (2009) parodė, kaip atlikti daugiatikslę atranką (angl. *multi-attribute selection*, trump. *MAS*) su saugumu susijusiuose rodikliuose esant episteminiams neapibrėžtumams. Tokių neapibrėžtumų pasiskirstymas apibūdinamas pasitelkus kiekybiniam rizikos vertinimui naudojamus metodus. Modeliavimas Monte Karlo metodu panaudotas neapibrėžtumų propagavimui per MAS algoritmą.

Daugiatikslio vertinimo metodai taikomi daugelyje sričių, tačiau daugiatikslio vertinimo sritis iki galo neišvystyta, o taikomi metodai nėra idealūs. Lyginant skirtingus daugiatikslio vertinimo metodus nustatyta, kad kiekvienas metodas turi savo pranašumų ir trūkumų, vidinę logiką, išryškinančią vis kitokį sprendžiamo uždavinio priėjimą (Triantaphyllou 2000).

Visi šie pasaulio mokslo atstovų tyrimai rodo, kad autoriai siekia darnos, subalansuotų sprendimų, kuriais suderintų kelių suinteresuotų visuomenės grupių interesus. Dauguma autorių savo tyrimus sieja su sprendimų priėmimo procesu ir pabrėžia pirmųjų sprendimų, priimamų pačioje projekto pradžioje, svarbą, siekiant užtikrinti galutinio rezultato sėkmę ir efektyvumą. Vadovaujantis visomis autorių pastabomis apie darnaus sprendimo paieškos modelius daroma išvada, kad egzistuoja nenuginčijamas poreikis daugumoje sektorių gerinti sprendimų priėmimo procesą. Būtent dėl šių įvardintų priežasčių yra pristatomas statybos projektų darnos vertinimo kompleksinis modelis, kuris yra paremtas mokslo darbuose pristatytais modeliais, iš kurių yra formuojami metodų deriniai, efektyviausio statybos projekto parinkimui.

1.6. Pirmojo skyriaus išvados ir disertacijos uždavinių formulavimas

1. Mokslinės literatūros analizė pagrindžia formuojamą nuomonę, kad darni plėtra ir jos principų laikymasis yra aktuali, iki galo neištirta sritis ne tik statybos sektoriuje, bet ir kiekvienoje gyvenimiškoje srityje. Sprendimai turi būti pagrįsti bei nukreipti į tobulėjimą, kuris suteiktų pridėtinę vertę ne tik šių dienų gyvenimui, bet priamamų sprendimų strategija turi būti nukreipta į ateities kartas.
2. Atlikus mokslinės literatūros apžvalgą nustatyta, kad atliekų deginimo gamyklų statyba, kultūros paveldo pastatų tvarkyba ir apleistų pastatų užbaigimas yra dabarties statybos sektoriaus aktualios temos. Nedidelis mokslinės ir praktinės literatūros skaičius leidžia teigti, kad šių sričių mokslinis vertinimas nėra plačiai išnagrinėtas.
3. Išnagrinėjus kitų autorių paskelbtas mokslines publikacijas apie kompleksinių statybos darnos vertinimo modelius, kurie apimtų kelių skirtingų sričių nagrinėjimą, nėra daug. Nagrinėtos tik atskiros disertacijoje nagrinėjamos sritys, nepateikiant kompleksinio sprendimo algoritmo.
4. Statybos projektų darnos vertinimas turi būti atliekamas sudarant kompleksinį sprendimo paieškos modelį, kuris sudaromas neapsiribojant tik konkrečiu uždaviniu. Nagrinėjami uždaviniai apibrėžiami kompleksine sistema, apimančia tiek statybos rinkos vertinimą, tiek naujų ar jau esamų statybos projektų vystymą, pritaikant konkrečius kiekybinius ir kokybinius rodiklius.

Atsižvelgiant į pirmojo skyriaus apibendrinimus yra formuojami disertacijos uždaviniai:

1. Sudaryti statybos projektų darnos vertinimo kompleksinį modelį, kuris apimtų projektų vystymo teritorijos nustatymą, kultūros paveldo statinių išsaugojimo svarbiausio varianto parinkimą, nebaigtos statybos pastatų racionalaus užbaigimo varianto vertinimą ir atliekų deginimo gamyklos vietos nustatymą.
2. Nustatyti sprendžiamų uždavinių apibūdinančių rodiklių rinkinius bei parinkti daugiatikslių metodų derinius informacijos vertinimui.
3. Praktiškai patikrinti daugiatikslių vertinimo metodų derinius statybos projektų darnos kompleksiniam vertinimui ir nustatyti nagrinėjamų statybos sektoriaus problemų sprendimus.

Kompleksinis daugiatikslis vertinimo modelis

Antrajame skyriuje pateikiama daugiatikslų sprendimo metodų klasifikacija, jų tinkamumo disertacijos uždavinių sprendimui analizė. Apibūdinami darnios statybos projektų vertinimo rodiklių rinkiniai. Nagrinėjami daugiatiksliai sprendimo metodai: neraiškusis adityvinis rodiklių santykių įvertinimo metodas ARAS–F (The Fuzzy Additive Ratio Assessment method), adityvinis rodiklių santykių įvertinimo metodas ARAS, MULTIMOORA (*MOORA Plus a Full Multiplicative Form*), daugiatikslis kompleksinio proporcingo įvertinimo metodas COPRAS. Analizuojamas rodiklių reikšmingumų nustatymo būdas: analitinės hierarchijos procesas (*AHP*). Pateikiami metodų sprendimo algoritmai ir jų matematiniai aprašymai. Pristatomas teorinis kompleksinis modelis statybos projektų darnos vertinimui, kuris pagrįstas daugiatiksliais metodais.

Šiame skyriuje nagrinėjama tema autorius kartu su bendraautoriais paskelbė vieną publikaciją: Vodopivec *et al.* (2014).

2.1. Projekto veiksmų vertinimas

2.1.1. Projektų įgyvendinimo aplinka

Daugelio statybos projekto įgyvendinimas yra paremtas savalaikiu rinkos įvertinimu. Šis įvertinimas yra būtinas siekiant užsibrėžtų tikslų, norint sukurti ekonominę, socialinę, techninę ar kt. naudą statybos projekto aplinkai.

Statybos veiklos galimybės ir efektyvumas tam tikroje rinkoje labai priklauso nuo mikro-, mezo- ir makroaplinkos kintamųjų veiksmų, kurie tiesiogiai įtakoja statybos šakos dalyvius (Kaklauskas *et al.* 2011). Kiekvienas statybos rinkos dalyvis kompleksiskai įvertindamas šių veiksmų poveikį jo kuriamam statybos produktui, sukuria sąlygas darnios rinkos plėtrai ir padeda parinkti plėtros kryptis bei numatyti tolimesnės veiklos strategijas. Konkrečius mikro-, mezo- ir makrolygmens kintamuosius veiksmus suskirstyti į tikslas grupes bei įvertinti juos pilna apimtimi yra ganėtinai sudėtinga dėl juos nusakančių informacijos kiekių. Todėl pravartu kompleksinės sistemos kintamuosius nagrinėti atskiruose posistemiuose. Tačiau būtina tiksliai apibrėžti siekiamus tikslus, nes kintamuosius apibūdinančios informacijos surinkimas ir apdorojimas yra sudėtingas ir atsakingas procesas.

Technologijų plėtrai, atliekamų procesų tobulinimui, valdymo efektyvumo ir kaštų mažinimo politikos įgyvendinimui statybos sektoriuje įvertinti siūlytina vertinti rodiklius, turinčius įtakos projekto sėkmei ir užsibrėžtų tikslų pasiekimui. Iš daugelio konkrečių rodiklių sudarytoje kompleksinio modelio grandinėje egzistuoja tam tikri ryšiai tarp atskirų modelio dalių ir jų viduje, turintys lemiamos įtakos viso modelio funkcionavimui, veiklos modelio tobulinimui ir kartu ir įmonės konkurencinio pranašumo kūrimui (Kildienė *et al.* 2014).

Statybos projektų ir su jais sąveikaujančių sistemų aplinkos įvertinimas ir rodiklių reikšmių nustatymas yra sudėtingas uždavinys, apimantis didžiulį kiekį informacijos bei daugelio rodiklių parametrų surinkimą bei įvertinimą, o visos šios sistemos įvertinimas turi būti pagrįstas patikimais bei efektyviais skaičiavimo metodais. Akivaizdu, kad realiame gyvenime ne tik statybos sritis yra sudaryta iš daugelio tarpusavyje sąveikaujančių veiksmų, todėl skaičiuojamieji modeliai, kurie naudojami statybos uždaviniams spręsti gali būti naudojami ir kitose srityse, tokiose, kaip pavyzdžiui, aplinkosaugos, pramonės, urbanizacijos, strategijos ar kitose srityse, kuriose privaloma apdoroti didelius informacijos kiekius bei priimti sprendimus. Statybos srityje naudojami vertinimo metodai gali būti pasiskolinti iš kitų sričių, analogiškai statybos srityje pritaikyti metodai, juos modifikavus pagal nagrinėjamus rodiklius galima panaudoti giminingo sprendimo paieškos srityse.

2.1.2. Rinkų vertinimas šalies mastu

Statybos rinka ir jos poreikiai – tai nuolatos besikeičianti sistema, priverčianti rinkos dalyvius efektyviai ir organizuotai reaguoti į rinkos poreikius. Efektyvus reagavimas suteikia galimybes konkuruoti rinkos dalyviams ir inicijuoti tik būtent tuos projektus, kurie bus efektyviai panaudojami pagal paskirtį ir eksploatuojami visu pajėgumu.

Statybos rinkos dalyviai, kurie yra orientuoti į statybos darbais sukuriamų produktų pateikimą, bei kiti dalyviai, kurie siekia globalios šalies plėtros, turėtų įvertinti šalies rinkos padėtį regiono ar rinkos veikimo zonoje. Regiono įvertinimas atliekamas identifikuojant analizuojamos zonos stiprybes, silpnybes, galimybes bei grėsmes, kitaip tariant – atliekant SSGG analizę. Pateikiamas trijų Baltijos šalių SSGG palyginimas: Lietuvos, Latvijos ir Estijos (2.1–2.4 lentelės).

2.1 lentelė. Baltijos šalių rinkos stiprybės

Table 2.1. The strenght of the Baltic states

Šalis Sritis	Šalies stiprybės		
	Lietuva	Latvija	Estija
Aplinkosauga	<ul style="list-style-type: none"> – patraukli gamta ir vaizdinga aplinka; – prieiga prie Baltijos jūros; – dideli miško ištekliai. 	<ul style="list-style-type: none"> – prieiga prie Baltijos jūros; – gera geografinė vieta; – išsivysčiusi atsinaujinančios energijos gamyba. 	<ul style="list-style-type: none"> – antrinis atliekų panaudojimas; – prieiga prie Baltijos jūros; – orientacija į vakarų rinkas.
Ekonomika	<ul style="list-style-type: none"> – palanki geografinė vieta, orientuota į tranzitą vakarų kryptimi; – išsivysčiusi transporto ir komunikacijų infrastruktūra; – tarptautinės laivybos centras. 	<ul style="list-style-type: none"> – išsivysčiusi transporto ir komunikacijų infrastruktūra; – palanki geografinė vieta, orientuota į tranzitą vakarų kryptimi; – tarptautinės laivybos centras. 	<ul style="list-style-type: none"> – investicijos į technologijas; – palanki geografinė vieta, orientuota į tranzitą vakarų kryptimi; – aukštą pragyvenimo lygį turinčios kaimyninės šalys.
Socialinė	<ul style="list-style-type: none"> – aukštas išsilavinimo lygis darbo rinkoje; – gydymo įstaigų prieinamumas; – aukštas raštingumo lygis; – laisvas darbo jėgos judėjimas ES. 	<ul style="list-style-type: none"> – aukštas išsilavinimo lygis darbo rinkoje; – aukštas raštingumo lygis; – laisvas darbo jėgos judėjimas ES. 	<ul style="list-style-type: none"> – aukštas išsilavinimo lygis darbo rinkoje; – aukštas raštingumo lygis; – laisvas darbo jėgos judėjimas ES.

2.2 lentelė. Baltijos šalių rinkos silpnybės**Table 2.2.** The weaknesses of the Baltic states

Šalis Sritis	Šalies silpnybės		
	Lietuva	Latvija	Estija
Aplinkosauga	<ul style="list-style-type: none"> – atsinaujinančių energijos šaltinių trūkumas; – aplinkosauginio švietimo trūkumas. 	<ul style="list-style-type: none"> – pasenusi uostų infrastruktūra; – atsinaujinančių energijos šaltinių trūkumas. 	<ul style="list-style-type: none"> – sunaudojama daug iškastinio kuro; – atsinaujinančių energijos šaltinių trūkumas; – užterštumas dėl iškastinio kuro naudojimo.
Ekonomika	<ul style="list-style-type: none"> – mokestinė sistema; – nepakankama kultūrinė ir projektų startuolių vystymo patirtis; – energetinė priklausomybė; – nepakankamos investicijos. 	<ul style="list-style-type: none"> – žemas industrinis ir agrarinis produktyvumas; – nepakankama kultūrinė ir projektų startuolių vystymo patirtis; – energetinė priklausomybė; – nepakankamos investicijos. 	<ul style="list-style-type: none"> – žemas industrinis ir agrarinis produktyvumas; – nepakankama kultūrinė ir projektų startuolių vystymo patirtis; – nepakankamos investicijos.
Socialinė	<ul style="list-style-type: none"> – žemas jaunų žmonių praktinių įgūdžių lygis; – nepakankamos socialinės garantijos; – žemos pajamos, lyginant su Europos sąjungos vidurkiu. 	<ul style="list-style-type: none"> – tautinių mažumų problemos; – žemos pajamos, lyginant su Europos sąjungos vidurkiu; – nepakankamos socialinės garantijos. 	<ul style="list-style-type: none"> – žemos pajamos, lyginant su Europos sąjungos vidurkiu; – nepakankamos socialinės garantijos; – žemos pajamos, lyginant su Europos sąjungos vidurkiu.

2.3 lentelė. Baltijos šalių rinkos galimybės**Table 2.3.** The opportunities of the Baltic states

Šalis Sritis	Šalies galimybės		
	Lietuva	Latvija	Estija
1	2	3	4
Aplinkosauga	<ul style="list-style-type: none"> – atsinaujinančių energijos naudojimas; – aplinkos saugojimo švietimo didinimas; – atliekų rūšiavimo ir antrinio panaudojimo plėtra. 	<ul style="list-style-type: none"> – atsinaujinančių energijos naudojimas; – aplinkos saugojimo švietimo didinimas; – atliekų rūšiavimo ir antrinio panaudojimo plėtra. 	<ul style="list-style-type: none"> – atsinaujinančių energijos naudojimas; – aplinkos saugojimo švietimo didinimas; – atliekų rūšiavimo ir antrinio panaudojimo plėtra.

2.2 lentelės tęsinys

1	2	3	4
Ekonomika	<ul style="list-style-type: none"> – bendradarbiavimas su Baltijos jūros regiono šalimis; – bendradarbiavimas su Vakarų rinkomis; – užsienio investicijų pritraukimas. 	<ul style="list-style-type: none"> – bendradarbiavimas su Baltijos jūros regiono šalimis; – bendradarbiavimas su Vakarų rinkomis; – užsienio investicijų pritraukimas. 	<ul style="list-style-type: none"> – bendradarbiavimas su Baltijos jūros regiono šalimis; – bendradarbiavimas su Vakarų rinkomis; – užsienio investicijų pritraukimas.
Socialinė	<ul style="list-style-type: none"> – socialinio saugumo didinimas; – imigrantų darbo jėga. 	<ul style="list-style-type: none"> – socialinio saugumo didinimas; – imigrantų darbo jėga. 	<ul style="list-style-type: none"> – socialinio saugumo didinimas; – imigrantų darbo jėga.

2.4 lentelė. Baltijos šalių rinkos grėsmės

Table 2.4. The threats of the Baltic states

Šalis Sritis	Šalies grėsmės		
	Lietuva	Latvija	Estija
Aplinkosauga	<ul style="list-style-type: none"> – aplinkos užterštumas; – nykstančios gyvūnų ir paukščių rūšys; – klimato kaita. 	<ul style="list-style-type: none"> – aplinkos užterštumas; – nykstančios gyvūnų ir paukščių rūšys; – klimato kaita. 	<ul style="list-style-type: none"> – aplinkos užterštumas; – nykstančios gyvūnų ir paukščių rūšys; – klimato kaita.
Ekonomika	<ul style="list-style-type: none"> – Europos Sąjungos reikalavimų augimas; – darbo jėgos bei intelekto emigracija; – užsienio investicijų pasitraukimas. 	<ul style="list-style-type: none"> – Europos Sąjungos reikalavimų augimas; – darbo jėgos bei intelekto emigracija; – užsienio investicijų pasitraukimas. 	<ul style="list-style-type: none"> – Europos Sąjungos reikalavimų augimas; – darbo jėgos bei intelekto emigracija; – užsienio investicijų pasitraukimas.
Socialinė	<ul style="list-style-type: none"> – socialinis atotrūkis tarp kaimo ir miesto teritorijų; – gyventojų senėjimas; – nepasitenkinimas socialinės apsaugos sistema. 	<ul style="list-style-type: none"> – socialinių mažumų neramumai; – socialinis atotrūkis tarp kaimo ir miesto teritorijų; – gyventojų senėjimas; – nepasitenkinimas socialinės apsaugos sistema. 	<ul style="list-style-type: none"> – socialinių mažumų neramumai; – socialinis atotrūkis tarp kaimo ir miesto teritorijų; – gyventojų senėjimas; – nepasitenkinimas socialinės apsaugos sistema.

Ivertinus Estijos, Latvijos bei Lietuvos stiprybių, silpnybių, galimybių ir grėsmių bendrus bruožus, galima daryti išvadą, kad šalys susiduria su panašiomis problemomis socialinėje, gamybinėje, strateginėje bei kitose srityse.

SSGG analizė gali būti atliekama ne tik šalies mastu, bet ši analizė gali būti atliekama ir konkrečiam procesui, technologijai ar planui realizuoti, įvertinant galimą pasiekti rezultatą. Todėl siekiant įvertinti konkrečią nagrinėjamą sritį svarbu tinkamai įvertinti, su kuo sąveikaus nagrinėjamas objektas bei nustatyti projekto tikslus ir atsakingos vystytojų komandos uždavinius.

2.1.3. Projektų realizavimo srities vertinimas

Statybos projektų efektyvus vystymas visuomet privalo būti pagrįstas įsitikiniu, kad bus įmanoma sėkmingai užbaigti statybos projektą ir pasiekti užsibrėžtus tikslus. Būtų visiškai neracionalu statyti daugiabutį gyvenamąjį namą dykumos viduryje, kur nėra jokių komunikacijų, infrastruktūros, tuo labiau – gyventojų, kurie naudotų pastatą pagal paskirtį, ir būtų pasiekta projekto sėkmė. Analogiška situacija kiekvienoje urbanizuotoje ar neurbanizuotoje teritorijoje – projekto vystytojas privalo numatyti, ką ir kur vystyti. Ši sprendimo priėmimo grandinė visa savo apimtimi turi būti orientuota ne tik į paties statytojo interesų tenkinimą, bet ir užsakovą bei galutinį vartotoją.

Siekiant vystytojui įsitikinti ketinamo įgyvendinti projekto sėkme ir priimti sprendimus, užtikrinančius tos sėkmės pasiekimą, turėtų būti įvertinama projekto įgyvendinimo aplinkos SSGG analizė mikro-, mezo- ir makroaplinkos lygmeniu.

Gyventojų skaičius yra vienas pagrindinių rodiklių, nusakančių rinkos dydį ir ekonomines plėtros galimybes. Šiuo atveju, autorius, žiūrėdamas iš projekto vystytojo pusės, analizės atlikimui pasirenka Vilniaus miestą, kaip potencialią vietovę statybos projektų vystymui. Vilniaus galimybes tapti konkurencingu regiono centru stiprina miesto geopolitinė vieta ir reikšmė. Miestas yra trijų svarbių geopolitinių, ekonominių, kultūrinių dimensijų – Rytų, Šiaurės ir Vidurio Europos – sankirtoje ir turi unikalią galimybę integruoti skirtingą pažangią regionų patirtį, vykdyti įvairius mokslo, kultūros, verslo mainus. Vilniaus situaciją Baltijos šalių regione iliustruoja 2.1 paveiksle, parodantis gyventojų tankumą 300 km atstumu, o Vilniaus miesto SSGG rezultatai pateikiami 2.5 lentelėje.

Akivaizdu, kad kiekvienas miestas ar kita teritorija, kurioje siekiama investuoti ir sukurti pridedamąją vertę gali būti apibūdinami įvairiais rodikliais. Vilniaus miesto SSGG analizėje nėra paminėti visi miesto patrauklumą ar atgrasumą apibūdinantys rodikliai, nes šiuo atveju yra nagrinėjamas tik bendras miesto, kaip potencialios investicijoms teritorijos, vaizdas.

Yra daug miestų ar kitų objektų stiprybės, silpnybės, galimybes bei grėsmes apibūdinančių rodiklių, tačiau kiekvienas tam tikrą savybę nusakantis rodiklis gali būti išskaidomas į detalesnes rodiklių sistemas. Tai priklauso nuo tokių veiksnių, kaip, pavyzdžiui, miesto dydis, geografinė, geopolitinė padėtis, problemos analizės detalumo mastas ar turimos informacijos kiekio ir tikslumo.



2.1 pav. Vilniaus miesto potencialas (Miesto bendrasis planas iki 2015 m.)

Fig. 2.1. The potential of Vilnius city (Vilnius city general plan un to 2015)

2.5 lentelė. Vilniaus miesto bendrosios rinkos stiprybės, silpnybės, galimybės ir grėsmės
Table 2.5. Strength, weaknesses, opportunities and threats of Vilnius City common market

Stiprybės	Silpnybės
<ul style="list-style-type: none"> – aukštos kokybės nekilnojamojo turto paklausa, esančio vaizdingose miesto teritorijose; – inovacijų skatinimas; – didelę pridėtinę vertę kuriančios įmonės; – šalies mastu konkurencingos statybų įmonės. Lyginant su kitais Lietuvos didmiesčiais, krizės laikotarpiu Vilniaus mieste rodikliai išliko vieni geriausių. – didelė kultūros paveldo objektų koncentracija, Vilniaus senamiestis įrašytas į UNESCO pasaulio paveldo sąrašą; – tvarkomi svarbiausi kompleksiniai Senamiestio objektai; – unikali gamtinė aplinka su dviem regioniniais parkais. 	<ul style="list-style-type: none"> – didelė konkurencija tarp vykdytojų gali įtakoti užimtumo ir nuomos kainų lygius (biurų segmente); – neviseiškai išnaudojamas teritorijų potencialas; – daug susidėvėjusių pastatų ir inžinerinių tinklų; – nemažai paveldo objektų nėra aktualizuoti šiandieniniame miesto kontekste; – turizmo plėtros aspektu neišnaudotos vandens turizmo galimybės Neries upe; – per mažai išnaudojamos viešosios erdvės; – mažai nekilnojamojo turto objektų bei jų aplinkos yra prieinami žmonėms su fizine negalia. – didesnės išlaidos būtinajam gyventojų pragyvenimui krepšeliui.
Galimybės	Grėsmės
<ul style="list-style-type: none"> – žemų kainų rinka lyginant su Vakarų ir Centrine Europa; – geros rinkos vystymo perspektyvos; – galimybė plėstis naujose rinkose arba segmentuose; – gebėjimas pritaikyti įgūdžius ir praktines žinias, kuriant produktus ar verslus; – skatinti netaršios, aplinkai draugiškos gamybos plėtrą; – vykdyti pramonės teritorijų funkcinę specializaciją bei apleistų pramonės zonų konversiją; – didinti inovacijų ir pažangių technologijų diegimą pramonėje, kurti aukštos pridėtinės vertės produktus. – didinti pramonės teritorijų investicinį patrauklumą, gerinant infrastruktūrą. – užsienio investicijų pritraukimas; – naujų darbo vietų kūrimas ir miesto nedarbo lygio mažinimas; – plėsti atsinaujinančių energijos šaltinių bei atliekų panaudojimo galimybes ir energijos pagaminimą. 	<ul style="list-style-type: none"> – šešėlinė ekonomikos grėsmė; – darbo jėgos trūkumas ir brangimas; – užsienio konkurentai, atsiradę dėl mažesnio mokesčio už įėjimą į rinką; – demografiniai pokyčiai, veikiantys produktų paklausą; – lėtesnis, negu reikalauja gamyba, rinkos augimas; – rinkos recesijos grėsmė; – išaugusi paskirstytojų, didmenininkų ir mažmenininkų derybinė galia, svarbesnė už pardavimą vartotojams; – didėjantis apleistų pastatų skaičius; – dėl apleistų teritorijų ir pastatų mažėjantis bendras miesto patrauklumas.

Vertinant šiandieninės statybos srities vaidmenį bendrame šalies kontekste, rodiklius galima suskirstyti į pagrindines keturias grupes: socialinius (nedarbo lygis, būtinąjo pragyvenimo krepšelio dydis, saugumas gyvenamojoje teritorijoje, gyventojų tankumo bei jų skaičiaus augimo, socialinės apsaugos sistemos ir kt.), ekonominius (BVP augimas, užsienio investicijos, nekilnojamojo turto objektų pardavimo sandorių skaičius, vidutinis darbo užmokesčio santykis su ES vidutiniu darbo užmokesčiu, šešėlinės ekonomikos mastų, surenkamų mokesčių, eksporto ir kt.), aplinkos (pastatų užimamas plotas, oro, grunto ir vandenų užterštumas, želdynų ploto, atliekų pakartotinio panaudojimo ir kt.) bei inžinerinius (miesto plotas, pastatų techninė būklė, transporto efektyvumas ir prieinamumas ir kt.) rodiklius. Šie rodikliai lemia statybos sektoriaus vystymo kryptį.

Kiekviena ekspertų grupė, nagrinėdama potencialią sritį, vadovaujasi mokslinių pateiktais duomenimis ir atkartodami uždavinių formulavimą, stengiasi rodiklius naudoti iš jau praktikoje nagrinėtų pavydžių. Kiekviena problemos sistema gali būti modeliuojama, atsirenkama tik dalis standartinių rodiklių arba jie papildomi svarbiais kitokiais rodikliais, kurie yra aktualūs sprendimus priimančioms ekspertams.

Būtent todėl rodiklių sistemos privalo būti parenkamos vadovaujantis logika, siekiamais tikslais, dabartinėmis arba numatomomis aktualijomis, orientaciją į pagrindines suinteresuotas grupes bei kitus aspektus.

Akivaizdu, kad suformuotos rodiklių sistemos apima didelį informacijos kiekį, kurios apdorojimui privaloma pasirinkti skaičiavimo metodus arba sprendimų paramos sistemas, padedančias apdoroti turimus duomenis ir priimti geriausią sprendimą, atsižvelgiant į sprendimo galutinį tikslą.

2.2. Kompleksinio vertinimo modelio identifikavimas

Priimant strateginius sprendimus dėl statybos projektų realizavimo, svarbu planavimo etape taikyti tinkamus sprendimų paramos metodus. Svarbiausi principai, kuriais vadovaujamosi ruošiant, įvertinant ir pasirenkant uždavinio sprendimo metodus, yra sistemiškumo ir kompleksiškumo principai bei jų tarpusavio sąveika. Kompleksiškumo principas nurodo, kad uždaviniai turi būti sprendžiami visapusiškai, t. y. įvertinant ekonominius, socialinius, techninius, fiziologinius, teisinius, techninius, strateginius, aplinkosauginius ir kitus aspektus. Sisteminis principas parodo visapusišką visų planavimo procesų kryptį ir aspektų derinimą, susijusį su tobulinimu.

Sprendžiant uždavinius, kurie formuojami iš daugelio apibūdinančių rodiklių, didelę reikšmę turi sudarytas pageidaujamo sprendimo priėmimo modelis. Tikintis gauti efektyvų, tinkamą ir pagrįstą sprendimą, būtina aiškiai suformu-

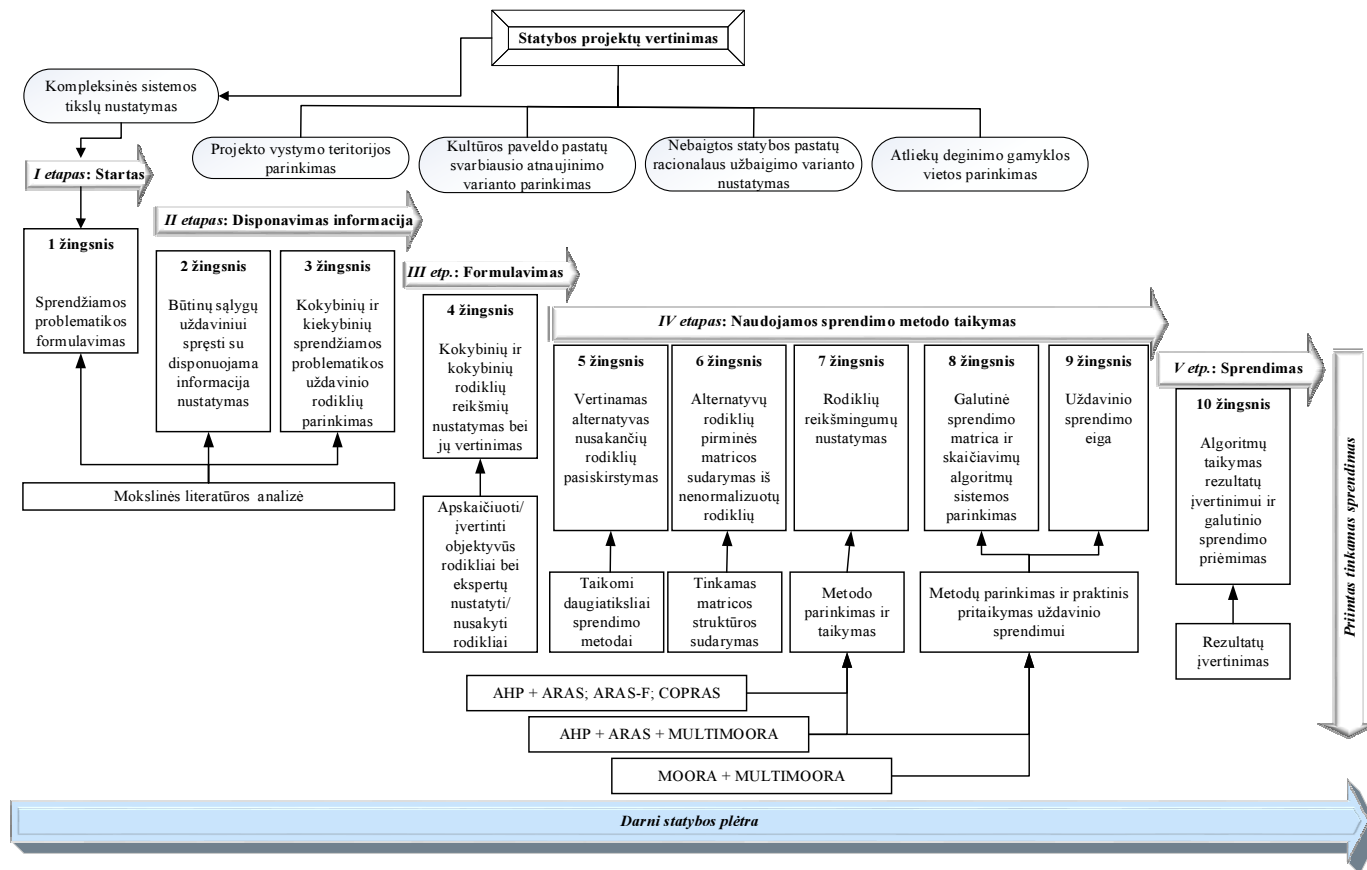
luoti uždavinio tikslą, surinkti ir apdoroti rodiklių visumą, nustatyti ir įvertinti rodiklius nusakančius parametrus, taikyti moksliskai pagrįstus, realių sprendimų priėmimui taikytus / taikomus metodus, leidžiančius išskirti iš galimų sprendimų variantų patį efektyviausią ir priimtinausią variantą užsibrėžtam laukiamam rezultatui pasiekti.

Tinkamos, nagrinėjama problematiką atitinkančios rodiklių sistemos sudarymas – sudėtingas uždavinys, reikalaujantis atsakingo formulavimo bei tinkamos tyrimo krypties parinkimą. Pirmiausia reikia apsvarstyti daugelį rodiklių, kurių kiekvienas turi savo reikšmę ir sprendinį. Rodiklių pasirinkimo kiekį gali nustatyti pats tyrėjas, atsižvelgdamas į prieš tai sukurtus panašių uždavinių sprendimo patirtimi arba savarankiškai konstruodamas rodiklių medį.

Mokslinėje literatūroje yra daug pavyzdžių, kaip yra formuojami uždaviniai, kuriuos sudaro daug rodiklių. Uždavinių formavimui yra būtinos tam tikros žinios, kurios leistų suprasti, kaip funkcionuoja pats skaičiuojamasis modelis, kaip surenkami duomenys, kaip jie įvertinami ir išreiškiami į skaičiuotinas reikšmes. Priimdami sprendimus galime pastebėti, kad veikia žmogiškasis faktorius, t. y. mūsų sprendimų paskirstymo tikslų hierarchija, kurios tikslas – nustatyti svarbiausius ir ne tokius svarbius tikslus. Remiantis tikslo analize, nustatomi modelio tikslai. Privaloma sąlyga – kad turimi duomenys atitiktų formuojamą uždavinį ir būtų patikimi (Tamošaitienė *et al.* 2013).

Dažnai daugiatikslių uždavinių sprendimas susijęs su pradinių duomenų neapibrėžtumu, kurį lemia tiek objektyvios, tiek subjektyvios priežastys. Tai skatina ieškoti būdų, kaip įvertinti daugiatikslio sprendimo patikimumą pradinių duomenų paklaidų atžvilgiu (Kildienė *et al.* 2014). Mokslininkai neapibrėžtumo problemą mokslinėje literatūroje siūlo spręsti taikant neraiškių aibių teoriją (Chen 2012; Balli, Korukoglu 2009), intervalines neraiškias aibes (Liu 2010), pilkuosius skaičius (Zavadskas *et al.* 2009). Taikant daugiatikslius sprendimo priėmimo metodus, naudojami ne tik objektyvūs, bet ir subjektyvūs skaičiavimų duomenys. Šie, gauti iš ekspertų, reikalingi rodiklių reikšmingumui nustatyti. Šių duomenų patikimumui užtikrinti pasiūlyta skaičiuoti konkordancijos koeficientą (Satty 1980; Podvezko 2005), kuris parodo, ar ekspertų nuomonės dėl rodiklių reikšmingumų yra suderintos (Simanavičienė 2013) ir šio skaičiavimo etapo gautus duomenis galima naudoti tolimesniuose skaičiavimuose.

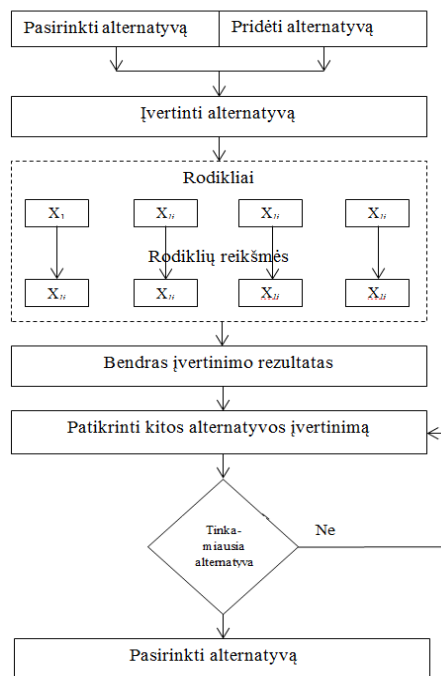
Šiame poskyryje pristatomas sukurtas kompleksinis sprendimų priėmimo modelio algoritmas (2.2 pav.).



2.2 pav. Kompleksinio vertinio modelio algoritmas (sudaryta autoriaus)
 Fig. 2.2. Algorithm of complex multistage decision-making model (author created)

1 žingsnis. Tikslų nustatymas ir problemos formulavimas. Atliekama situacijos analizė ir suformuojama pagrindinė sprendžiamo uždavinio problema. Iškeliamas pagrindinis užsibrėžtas tikslas. Formuluojant tikslo tyrimą atsižvelgiama į tyrimo objektų ypatumus.

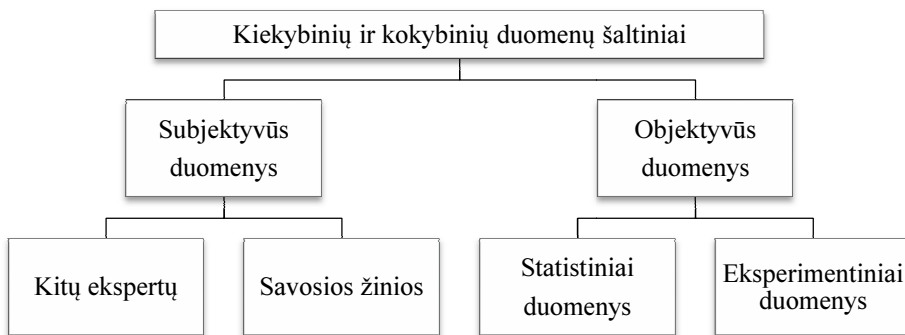
2 žingsnis. Būtinų sąlygų, kurios yra reikalingos suformuoto uždavinio sprendimui, identifikavimas. Šiame žingsnyje asmenys, nagrinėdami uždavinį, turėtų nustatyti galimas alternatyvas. Taip pat įvertinami turimi duomenys, trūkstami duomenys ir parenkami alternatyvų vertinimo rodikliai. Alternatyvų tinkamumas tikrinamas taikant matematinius, fizikinius metodus ir (arba) panaudojant jau vykdytus eksperimentų rezultatus. Alternatyvų identifikavimo proceso scheminė išraiška (2.3 pav.).



2.3 pav. Vienpakopis daugiakriteris alternatyvos vertinimas ir parinkimas (Turskis 2009)

Fig. 2.3. Multipurpose alternatives evaluation and selection (Turskis 2009)

3 žingsnis. Kiekybinių ir kokybinių rodiklių parinkimas. Vertinant skirtingus rodiklius iš skirtingų pusių yra vertinamos ir pačios alternatyvos. Skirtingų rodiklių vyravimas uždavinio sprendime gali kelti rezultatų nesuderinamumą tarpusavyje, todėl yra privaloma šiuos rodiklius normalizuoti, t. y. suteikti jiems vienodą įtaką priimant sprendimus, todėl prieštaraujančių rodiklių normalizavimas – vienas iš svarbiausių daugiakriterio vertinimo etapų (2.4 pav.).



2.4 pav. Kiekybinių ir kokybinių rodiklių parinkimas (Turskis 2009)

Fig. 2.4. Quantitative and qualitative attributes evaluation and selection (Turskis 2009)

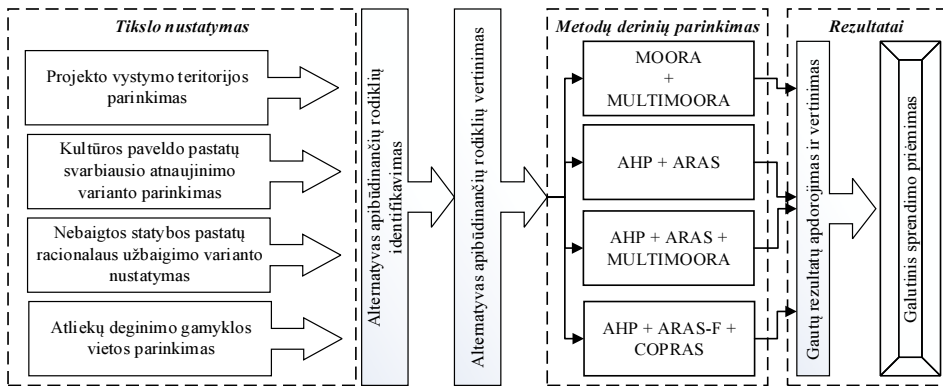
4 žingsnis. Kiekybinių ir kokybinių rodiklių reikšmingumų nustatymas. Rodiklių reikšmingumui nustatyti parenkami santykiniai subjektyvių ir objektyvių rodiklių reikšmingumai. Subjektyvūs rodiklių reikšmingumų nustatymo metodai yra efektyvūs, kai rodiklių skaičius yra nedidelis, bet esant didesniai rodiklių skaičiui, siūloma juos grupuoti į hierarchijas, sudarant rodiklių grupes.

5 žingsnis. Analizuojamų alternatyvų rodiklių hierarchijos sudarymas. Sprendžiant kompleksinius uždavinius, kuriuose analizuojamas didelis informacijos kiekis, rodikliai gali būti skirstomi į kelis lygmenis, atsižvelgiant į galimą nagrinėjamo rodiklio išskaidymą.

6 žingsnis. Pirminės sprendimų matricos sudarymas. Iš atrinktų bei apskaičiuotų duomenų sudaroma sprendimų matrica. Matricai naudojami duomenys gali būti ir kiekybiniai, ir kokybiniai. Viskas priklauso nuo sprendžiamos problemos masto ir turimos informacijos kiekio bei tikslumo.

7 žingsnis. Sprendžiamą uždavinį nusakančių rodiklių reikšmingumų nustatymo metodų parinkimas ir taikymas. Rodiklių svarbai nustatyti parenkami santykiniai rodiklių reikšmingumai, kurie parodo, kiek vienas rodiklis yra svarbesnis už kitą. Rodiklių reikšmingumai daugeliu atvejų yra nustatomi kompetentingų specialistų ar ekspertų pagalba. Priklausomai nuo nagrinėjamo uždavinio tikslų visuomet yra paranku gauti nepriklausomų ekspertų vertinimus, skatinant, kad ekspertai visiškai nekontaktuotų tarpusavyje ir jų įvertinimai būtų savarankiški ir neįtakojami. Nustatytas reikšmingumų reikšmės galima taikyti daugiatisliam vertinimui, jei ekspertų nuomonės yra suderinamos (neprieštaringos). Suderinamumo lygį nustato suderinamumo koeficientas.

8 žingsnis. Galutinės matricos sudarymas ir metodų parinkimas. Atsižvelgiant į sprendžiamą uždavinį ir turimus duomenis daugiatisliam sprendimui priimti parenkamas atitinkamas sprendimo priėmimo metodas arba metodų kompleksas (2.5 pav.).



2.5 pav. Siūlomi metodų deriniai statybos projektų pagrindimui

Fig. 2.5. The proposed method combinations for assessment of construction project

9 žingsnis. Uždavinio sprendimas.

10 žingsnis. Rezultatų tikrinimas ir sprendimo priėmimas.

Uždavinys yra sprendžiamas pasirinktu metodu ir sprendimo rezultatas – gautas tam tikras alternatyvų pasiskirstymas. Sprendimų priėmėjas turi pasirinkimo teisę ar sprendimo paieškoms naudoti vieną daugiatislio vertinimo metodą ar pasirinkti kelių metodų kombinaciją. Sprendžiant uždavinį keliais daugiatislio vertinimo metodais, būtina atlikti gautų rezultatų sintezę. Mokslinėje literatūroje arba paties sprendimų priėmėjo sukurtas matematinis modelis, kuriuo yra vertinami turimi sprendimo priėmimą nusakantys duomenys, savaime suprantama turi generuoti rezultatą, kuris būtų pritaikomas praktikoje.

Sprendimų įgyvendinimas yra paskutinis etapas sprendimų priėmimo procese. Po visų atliktų sprendimo paieškos procesų (uždavinio formulavimas, problemų nustatymas, informacijos analizė, alternatyvų parinkimas ir geriausiai poreikius atitinkančios alternatyvos parinkimas) pradedamas realus projekto įgyvendinimo procesas, sukuriant darbo grupę projekto realizacijai, parenkant reikalingas technologijas ir kt.

2.3. Daugiatislių sprendimų priėmimo metodų parinkimas

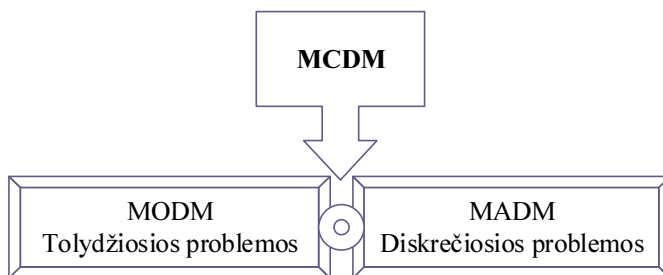
Sprendimus priimančių fizinių ar juridinių asmenų sprendimas bus priimtas, jeigu jis bus racionalus, įvertinus visus pagrindinius tikslus charakterizuojančius rodiklius, kurių įvertinimui įtaką turėtų daugumos suinteresuotų grupių interesai. Vadovaujantis šia nuostata, būtina kompleksiškai įvertinti gali-

mus sprendimo variantus, vienu metu taikant įvairius efektyvumo rodiklius, dažnai turinčius skirtingas dimensijas (Zavadskas, Vaigauskas 1985).

Modelio formavimas priklauso nuo išeities duomenų, kurie yra aprašomi remiantis sprendžiančiųjų, lemiančiųjų ir veikiamųjų suinteresuotų visuomenės grupių tikslais, todėl jiems spręsti siūloma taikyti daugiatislius sprendimų priėmimo metodus, kad būtų visapusiškai tenkinami visų sprendimo priėmimo dalyvaujančių grupių tikslai.

Daugiakriterinių sprendimų priėmimas (*Multiple Criteria Decision Making*, (MCDM)) yra mokslas apie metodus ir procedūras, kurios nagrinėja kompleksinių reiškinių, prieštaraujančių rodiklių formalų įtraukimą į valdymo ir planavimo procesą. Šiuos modelius ir metodus galima suskirstyti į dvi grupes (2.6 pav.) (Zavadskas *et al.* 2014):

- daugiatislius (angl. *Multi(ple) Objective Decision Making*, MODM), kai sprendžiama optimizacijos problema turint tinklo funkciją bei įvertinant tam tikrus apribojimus;
- daugarodikius (angl. *Multi(ple) Attribute Decision Making*, MADM), tai sprendimų priėmimas skirtas diskretiniam variantų lyginimui.



2.6 pav. MCDM metodų klasifikacija (Zavadskas *et al.* 2014)

Fig. 2.6. Broad classification of MCDM methods (Zavadskas *et al.* 2014)

Raju, Kumar (2013) mokslinėje publikacijoje, MCDM galima apibrėžti kaip procesą, įvertinantį realias situacijas įvairiais kiekybiniais ir kokybiniais rodikliais tam tikroje aplinkoje, siekiant rasti tinkamą veiksmų planą, pasirinkimą, sprendimą ar strategiją, atrenkant juos iš kelių ar keliasdešimties galimų variantų.

Daugiatikslių metodų taikymo pagrindinė idėja yra tarp daugelio galimų variantų išrinkti racionalią alternatyvą iš konkretaus žinomų ir tam tikrais duomenimis apibūdinamų alternatyvų sąrašo. Daugiatiksliai vertinimo metodai pasižymi įvairiomis charakteristikomis, todėl galimi skirtingi metodų klasifikavimo būdai.

Larichev (2002) daugiatislius metodus savo mokslinėje publikacijoje skirsto į keturias grupes:

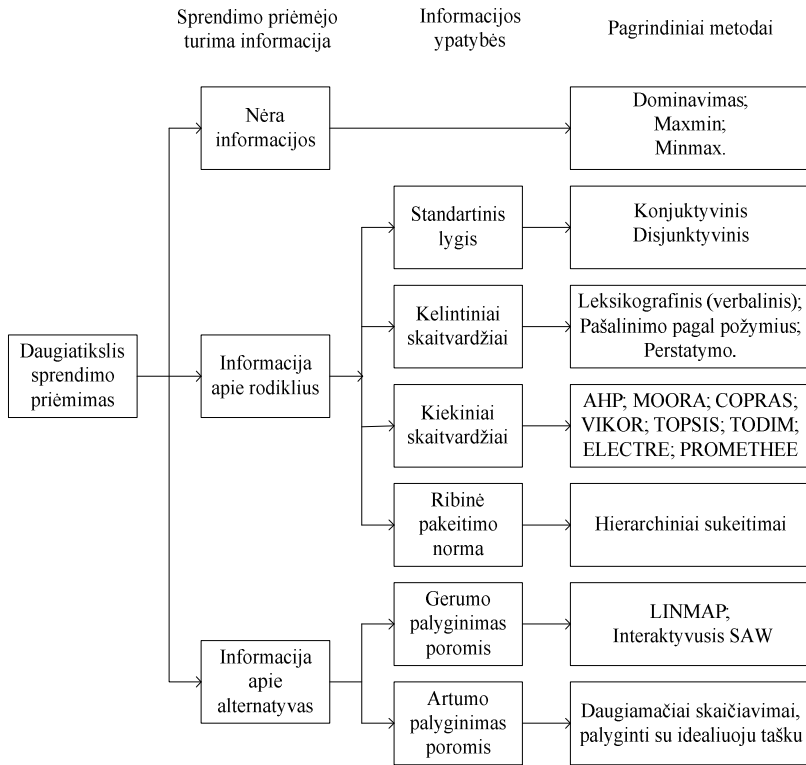
- metodai, grindžiami kiekybiniais matavimais;
- metodai, grindžiami pirminiais kokybiniais matavimais, kurių rezultatai iš karto įgauna kiekybinį pavidalą;
- metodai, grindžiami kiekybiniais matavimais, naudojant kelis rodiklius;
- metodai, grindžiami kokybiniais matavimais, netaikant perėjimo prie kiekybinių kintamųjų verbalinės analizės.

Lietuvos mokslininkų publikacijoje (Zavadskas, Turskis 2011) buvo paskelbta daugiatislių metodų apžvalga. Ši apžvalga apėmė daugelio pasaulyje plačiai naudojamų daugiatislių vertinimo metodų nagrinėjimą. Panašiu keliu pasekė ir mokslininkai Liou ir Tzeng (2012), paskelbdami analogiškos tematikos mokslinę publikaciją, kurios tikslas buvo papildyti prieš tai minimų Lietuvos mokslininkų apžvalgą, apžvelgiant metodus, kurie nebuvo minimi Lietuvos autorių. Akivaizdu, kad pasaulinėje mokslinėje literatūroje yra pakankamai gerų pavyzdžių, kaip nuo idėjos generavimo proceso gali būti nustatomas geriausiai suinteresuotas sprendimo priėmimo grupių interesus tenkinantis sprendimas. Mokslininkų darbų pagrindu yra sukurta ne viena sprendimų paramos sistema, suteikianti galimybę automatizuoti sprendimo priėmimo procesą.

MCDM metodai yra plačiai taikomi visame pasaulyje. Pavyzdžiui 2014 gruodžio 3 d. www.sciencedirect.com mokslinių publikacijų bei kitų mokslo leidinių bazėje yra pateikiama informacija, kad mokslo darbų, kuriuose būtų naudojamas „multicriteria“ terminas, peržiūros dieną buvo publikuota apie 14 tūkstančių. Tuo tarpu „MCDM“ – 4,5 tūkstančio mokslo darbų.

Akivaizdu, kad šie daugiakriteriniai metodai yra taikomi daugeliui problemų spręsti, su kuriomis susiduria įvairių sričių sprendimų priėmėjai. Pirmajame skyriuje buvo apžvelgiamos mokslininkų publikacijos nagrinėjama tematika, kuriose analizuojamos MCDM metodų taikymo galimybės. Literatūros analizė rodo, kad pasaulyje kuriami vis nauji ir plačiai paplitę jau sukurti daugiatisliai sprendimo priėmimo metodai, tačiau kol kas nėra nustatyta, kuris metodas tinkamiausias vienokio ar kitokio tipo uždaviniams spręsti, kokie metodų deriniai galėtų būti pripažinti universalūs daugelio problemų sprendimui. Skirtingi mokslininkai įvairiai klasifikuoja daugiatislius metodus. Turskis (2009) daugiatislius metodus suskirstė į grupes pagal informaciją ir jos savybes (2.7 pav.).

Daugiatislio metodo parinkimas uždaviniui spręsti priklauso nuo nagrinėjamos problemos pobūdžio, suinteresuotų žmonių grupių, turimos arba galimos sukaupti informacijos, rezultatų gavimo tipo. Kiekvienas metodas turi privalumų ir trūkumų, turi tam tikrų ypatumų realaus metodo taikymui. Tačiau problemoms spręsti dažnai nepakanka vien tradicinių metodų.

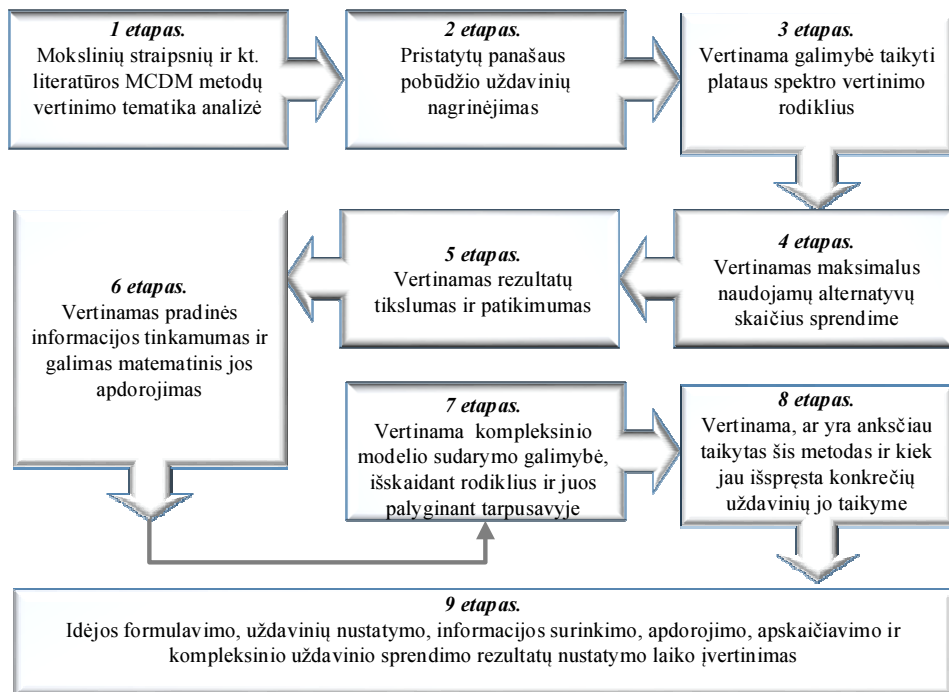


2.7 pav. Daugiatikslių metodų klasifikacija (Turskis 2009)
Fig. 2.7. Decision support methods classification (Turskis 2009)

Statybos sektoriaus rinkos efektyvumui didinti, sprendimo priėmimo laiko sumažinimui ir kitiems sėkmingą projekto realizavimą nulemiantiems veiksniams įvertinti reikalingi kompleksiniai, kiekybiniai ir kokybiniai sprendimų būdai, kurie būtų universaliai taikomi vertinant statybos projektų efektyvumą.

Disertacijoje yra sprendžiami keli statybos projektų įgyvendinimo uždaviniai, susiję su pastarojo meto aktualijomis ir ateities perspektyva bei tam tikrų problemų nuolatinio kartotinumui. Šie uždaviniai apjungti tarpusavyje sudaro galimybę kompleksiskai spręsti konkrečios teritorijos problemas ir siekti didinti darnios plėtros potencialą. Sprendžiami sudėtingi uždaviniai, nes sprendimo priėmimo procesą veikia skirtingi veiksniai, o sprendžiant tokius uždavinius reikia įvertinti kiekybinių ir kokybinių rodiklių visumą, suderinti skirtingus suinteresuotų grupių interesus bei tikslus. Tokius uždavinius tikslinga spręsti skirtingais daugiatislio vertinimo metodais, visapusiškai analizuojančiais konkrečių spren-

džiamą problemą. Disertacijoje sprendžiamiems uždaviniams daugiatisliai metodai buvo pasirenkami atsižvelgiant į 2.8 paveiksle pateiktus etapus.



2.8 pav. Daugiatikslių metodų parinkimo etapai (sudaryta autoriaus)

Fig. 2.8. Stages of selecting multipurpose methods (author created)

Disertacijoje sprendžiamiems uždaviniams, kai šie uždaviniai yra sudaryti iš skirtingo pobūdžio rodiklių ir iš esmės yra skirtingos sritys, buvo nutarta naudoti daugiatislią metodų rinkinius. Šiuos uždavinius sudaro kelios alternatyvos, skirtingos statybos sritys kryptys, skirtingos suinteresuotų asmenų grupės ir pan. Vykdam mokslinių publikacijų analizę buvo susipažinta su daugelio mokslininkų panašių uždavinių sprendimo metodologija (Ustinovičius *et al.* (2012), Podvezko (2011), Antuchevičienė *et al.* (2011), Zavadskas *et al.* (2010), Kaklauskas *et al.* (2011), Aydogan (2011), Taylan *et al.* (2014), Tupėnaitė *et al.* (2010)) ir buvo pasirinkti daugiatisliai sprendimų priėmimo metodai statybos projektų efektyvumo nustatymui.

Chakraborty (2011), vertindamas metodus tarpusavyje (2.6 lentelė), parinkdamas vertinimo rodiklius pagal metodo sprendimo sudėtingumą, sprendimo greitį, rezultatų patikimumą ir t. t., pateikė išvadą, kad MOORA (*Multi – Objective Optimization on the basis of Ratio Analysis*) metodas, kuris yra pateikiamas

2.6 lentelėje kartu lyginat kitus metodus, pateiktų vertinamų rodiklių atžvilgiu MOORA metodas yra pranašesnis už kitus metodus, tokius kaip AHP, TOPSIS ar ELECTRE.

2.6 lentelė. Daugiatikslių metodų vertinimas (Chakraborty 2011)

Table 2.6. Multipurpose method evaluation (Chakraborty 2011)

MODM metodai	Skaičiavimo laikas	Aiškumas	Matematinų formulių	Patikimumas	Informacijos tipas
MOORA	Mažas	Paprastas	Minimaliai	Geras	Kiekybinis
AHP	Didelis	Sudėtingas	Maksimaliai	Mažas	Mišrus
TOPSIS	Vidutinis	Vidutiniškas	Vidutiniškai	Vidutinis	Kiekybinis
VIKOR	Mažas	Paprastas	Vidutiniškai	Vidutinis	Kiekybinis
ELECTRE	Aukštas	Vidutiniškas	Vidutiniškai	Vidutinis	Mišrus
PROMETHEE	Aukštas	Vidutiniškas	Vidutiniškai	Vidutinis	Mišrus

Atsižvelgus į mokslininkų atliktus tyrimus nagrinėjant daugiatiskslius metodus buvo pasirinkti disertacijoje sprendžiamus uždavinius geriausiai atitinkantys metodai. Suformuluotiems uždaviniams racionalų sprendimo variantą galima nustatyti taikant skirtingus metodus bei jų derinius, todėl disertacijoje buvo pritaikyti plačiai moksliniuose darbuose taikomi racionalūs metodų deriniai: Fuzzy ARAS, MULTIMOORA, ARAS, AHP, COPRAS. Detalizuoti šių metodų aprašymai pateikiami disertacijos 2.4 ir 2.5 poskyriuose.

2.4. Rodiklių reikšmingumų nustatymas

Statybos projektų efektyvumo vertinimas apima visus statybos projektus: inžineriniai statiniai, gyvenamosios, negyvenamosios bei gamybinės paskirties pastatai, teritorijų planavimas bei kitos susijusios sritys. Taip pat skiriasi ir statybos projekto pobūdis, ar tai būtų nauja statyba, renovacija ar pastatų atnaujinimas. Statybos projektai gali apimti pavienius procesus, pavyzdžiui, langų keitimas. Toks statybos projektų mastas ir kiekvienas jo procesas atskira apimtimi yra apibūdinamas skirtingais rodikliais. Būtent pasirinkti ir sprendimo priėmimo metu taikomi rodikliai lemia vertinimo pagrįstumą. Plataus spektro vertinimo rodiklių taikymas užtikrina įvairesnį ir išsamesnį vertinimą.

Disertacijoje pritaikytas vienas plačiausiai žinomų porinio palyginimo ir reikšmingumo nustatymo metodų subjektyviems rodiklių reikšmingumams

vertinti – AHP metodas, kuris kompleksiškai panaudojamas kartu su kitais daugiakriteriais vertinimo metodais nustatant nagrinėjamų rodiklių reikšmingumus.

AHP metodas – vienas plačiausiai naudojamų bei populiariausių metodų daugiakriteriams uždaviniams spręsti, kurį pasiūlė ir tobulino Saaty (1980). Šio metodo populiarumas yra akivaizdus, nes 2014 gruodžio 5 d. www.sciencedirect.com mokslinių publikacijų bei kitų mokslo leidinių bazėje yra pateikiama informacija, kad mokslo darbų, kuriuose būtų panaudotas AHP metodas peržiūros dieną yra publikuota apie 15 tūkstančių.

Šis metodas naudoja tris pagrindinius principus siekiant išspręsti problemas, susijusias su keliais ar net keliasdešimt vertinamų rodiklių (Aydogan 2011):

- 1) struktūrinę hierarchiją;
- 2) porinio lyginimo rodiklių matricą;
- 3) reikšmingumų nustatymo metodiką.

Praktikoje naudojamas AHP metodas pasižymi nesudėtingomis matematinėmis vertinimo savybėmis, t. y. nesudėtingu dviejų rodiklių tarpusavio palyginimu ir sprendžiamas naudojant daugelio lygių hierarchinę rodiklių struktūrą. Skaičiavimams būtini duomenys gaunami atliekant porinį dviejų rodiklių palyginimą ir palyginimo esmę, naudojantis Saaty (1980) skale nustatyti, kiek vienas rodiklis, eksperto arba specialisto manymu, yra svarbesnis už lyginamą kitą rodiklį. Porinis lyginimas taikomas panaudojant skaičiuotines matematines formules rodiklių reikšmingumams ir kiekvieno rodiklio santykiniams alternatyvų įverčiams gauti.

Būtina atkreipti dėmesį, kad, vykdant daugelio ekspertų ar specialistų apklausą, šių asmenų vertinimai gali būti tarpusavyje nesuderinami. Tarpusavio nuomonių suderinamumui užtikrinti būtina pasirinkti specialistus, turinčius pakankamą kvalifikaciją ir patirtį nagrinėjamoje srityje. Skaičiavimų vykdymo metu ekspertų bei specialistų nuomonių suderinamumas yra tikrinamas ir AHP metodas palaiko suderinamumo tikrinimo funkciją. Autorius, vertindamas literatūros analizę, 2.7 lentelėje pateikia informaciją, apie mokslo darbuose naudotus AHP metodo atvejus.

AHP metodo pagalba galima vertinti alternatyvas tiek kokybinių (subjektyvių), tiek kiekybinių (objektyvių) rodiklių atžvilgiu. Porinio dviejų rodiklių lyginimo metodika didina ekspertų ar specialistų nešališkumą. Taikant AHP metodą naudojamos santykinės reikšmės, kai tiesiog lyginamas A rodiklis su B rodikliu, neatsižvelgiant į tai, kad yra lyginami rodikliai skirtingų matavimo vienetų. Būtent ši savybė leidžia šį metodą taikyti esant įvairių dimensijų rodikliams.

2.7 lentelė. AHP metodo taikymas statybos projektų problemoms spręsti**Table 2.7.** The recent applications of AHP method for the solution of construction problems

Autoriai	Sprendimo tikslai
Levary (2008)	Užsienio tiekėjų parinkimas
Girard and De Toro (2007)	Kultūros ir gamtos paveldo rodiklių vertinimas
Ishizaka <i>et al.</i> (2012)	Rūšiavimo metodai pagrįsti AHP
Wang, Cui (2013)	Pastatų energijos taupymas
Bhattacharya <i>et al.</i> (2010)	Kainų poveikių vertinimas
Čiegis <i>et al.</i> (2009)	Darni plėtra
Chou <i>et al.</i> (2013)	Tiltų statybos projektų analizė
Chan and Chan (2010)	Aprangos pramonės variantų modeliavimas
Kull, Talluri (2008)	Rizikos mažinimo modelis
Reza <i>et al.</i> (2011)	Gyvavimo ciklo analizė
Aghdaie <i>et al.</i> (2012)	Statybos projektų prioritetų nustatymas
Goedert, Sekpe (2013)	Statybos projektų planavimas
Mafakheri <i>et al.</i> (2011)	Dviejų lygių dinaminis programavimas
Dutta and Husain (2009)	MCDM kultūros paveldo priežiūra
Hwang, Lim (2013)	Projektų vykdymo organizavimas.
Zavadskas <i>et al.</i> (2010a, 2012)	Reikšmingumų nustatymas
Ho (2008)	Integruoti AHP sprendimai
Kuzman <i>et al.</i> (2013)	Pasyviųjų namų statybos būdų palyginimas
Wang and Zeng (2010)	Istorinių pastatų atranka
Akadiri <i>et al.</i> (2013)	Tvarių medžiagų parinkimas statybos projektams
Tuan and Navrud (2007)	Pasirinkimų modeliavimas
Giove <i>et al.</i> (2011)	Kultūro paveldo pastatų atranka
Yu, Woo (2013)	Pastato energinio efektyvumo gerinimas
Lee <i>et al.</i> (2013)	Rizikos vertinimas statybos projektuose
Kim <i>et al.</i> (2010)	Kultūros paveldo atnaujinimo nagrinėjimas
Kang <i>et al.</i> (2013)	4D vizualizacijos sistema rizikos vertinimui

Ekspertai lygina tarpusavyje visus vertinamus rodiklius C_1, C_2, \dots, C_n ir pa-
prasčiausiu rodiklių porinio palyginimo metodu nustato, kuris iš dviejų lyginamų
rodiklių C_i ir C_j yra svarbesnis. Palyginimo rezultatu tampa kvadratinė matrica:

$$A = [a_{ij}] = \begin{matrix} & \begin{matrix} C_1 & C_2 & \dots & C_n \end{matrix} \\ \begin{matrix} C_1 \\ C_2 \\ \vdots \\ C_n \end{matrix} & \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ \frac{1}{a_{12}} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{1}{a_{1n}} & \frac{1}{a_{2n}} & \dots & 1 \end{bmatrix} \end{matrix}, \quad (2.1)$$

čia $a_{ii} = 1$, $a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}}$, $i = \overline{1, n}$ ir $j = \overline{1, n}$.

Matricos A elementai traktuojami kaip rodiklių C_1, C_2, \dots, C_n reikšmingumą reikšmių santykiai $\frac{q_i}{q_j} = a_{ij}$, čia $i = \overline{1, n}$ ir $j = \overline{1, n}$.

Rodiklių reikšmingumai ω_i nustatomi pagal formulę (Saaty *et al.* 1991):

$$\omega_i = \frac{\sqrt[m]{\prod_{j=1}^m a_{ij}}}{\sum_{i=1}^m \sqrt[m]{\prod_{j=1}^m a_{ij}}}. \quad (2.2)$$

Saaty (1980) įrodė, kad AHP metodo reikšmingumai yra lyginimo matricos A tikrinio vektoriaus, atitinkančio didžiausią tikrinę reikšmę λ_{\max} , normalizuotos komponentės:

$$\lambda_{\max} = \sum_{i=1}^n a_{ij} \frac{q_i}{q_j}. \quad (2.3)$$

Taikant daugiatislių metodų vertinimus būtina akcentuoti, kad ekspertų ir specialistų nuomonės dėl skirtingos profesinės patirties ar skirtingų suinteresuotų grupių atstovavimo gali skirtis, ir tai turi įtakos skaičiavimo rezultatams, todėl būtina įvertinti ekspertų nuomonių suderinamumo laipsnį. Matricos neprieštarinimumui tikrinti Saaty *et al.* (1991) pasiūlė naudoti suderinamumo indeksą (*consistency index* – *C.I.*) ir atsitiktinumą indeksą (*random index* – *R.I.*) (2.8 lentelė) nustatant suderinamumo koeficientą (*consistency ratio* – *C.R.*).

C.I. ir *C.R.* reikšmės apskaičiuojamos taip (Saaty *et al.* 1991):

$$C.I. = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}, \quad (2.4)$$

$$C.R. = \frac{C.I.}{R.I.}. \quad (2.5)$$

R.I. reikšmės nustatomos pagal matricos komponentų skaičių iš Saaty *et al.* (1991) pasiūlytos *R.I.* koeficientų lentelės.

2.8 lentelė. Atsitiktinumą indekso reikšmės (Saaty *et al.* 1991)

Table 2.8. Values for random indexes (Saaty *et al.* 1991)

n	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<i>R.I.</i>	0,00	0,52	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,48

Jei apskaičiuotas suderinamumo koeficientas $C.R. < 0,1$, vadinasi vyrauja ekspertų nuomonių tarpusavio suderinamumas, priešingu atveju, jei $C.R. > 0,1$ ekspertų nuomonės nesuderinamos, o tai gali iškreipti galutinį daugiakriterio uždavinio rezultatą.

2.5. Daugiatiksliai vertinimo metodai

Daugiatiksliai metodai yra naudojami apdoroti duomenis, kurie yra sudaryti iš ne mažiau kaip dviejų alternatyvų, kurios yra nusakytos ne mažiau negu dviem parametrais. Šių metodų pagrindinė taikymo esmė – apdoroti didelės apimties duomenis, vadovaujantis matematinėmis taisyklėmis tuos duomenis sisteminti ir, apdorojus nuosekliais skaičiavimo metodų principais, nustatyti prioritetų išdėstymo seką pagal alternatyvų pranašumą viena kitos atžvilgiu. Kad ir koks būtų gaunamas sprendimų metodo rezultatas, sprendimų priėmėjas privalo įvertinti gauto rezultato logiką, technines galimybes ir kitus niuansus, su kuriais yra susiduriama realioje statybos projekto realizavimo aplinkoje.

Atsižvelgiant į mokslo publikacijų bei kitų mokslo leidinių analizę, kuriuose buvo nagrinėjami daugiatiksliai vertinimo metodai, disertacijoje statybos projektų darnos vertinimui nutarta naudoti šiuos metodus: ARAS (Zavadskas, Turskis 2010), fuzzy ARAS (Zavadskas, Turskis 2010), MULTIMOORA (Brauers, Zavadskas 2010), *MOORA (Brauers, Zavadskas 2006) plus a full multiplicative form*), daugiatiksliis kompleksinio proporcingo įvertinimo metodas COPRAS (Zavadskas, Kaklauskas 1996).

2.5.1. Racionalaus varianto parinkimas ARAS-F ir ARAS metodu

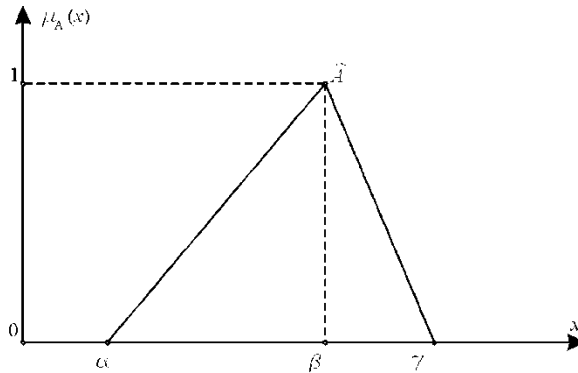
ARAS-F metodas (The Fuzzy Additive Ratio Assessment method) (neraiškusis adityvinis rodiklių santykių įvertinimo metodas), atsižvelgiant į ARAS (Zavadskas 2010) metodo pagrindus buvo patobulintas ir pritaikytas skaičiavimams su neraiškiais skaičiais (Zavadskas, Turskis 2010).

Daugiatiksliai sprendimų priėmimo metodai jungia analitines ir indukcines žinias nagrinėjamam uždaviniui aprašyti, kurios gali būti neraiškios ir (arba) neišsamios. Neraiškusis požiūris gali tinkamiau išryškinti nagrinėjamus daugiakriterius uždavinius.

Neraiškiųjų skaičių sąvokos išaiškinimas yra tas, kad neraiškieji skaičiai gali būti apibrėžti trimis neraiškiosiomis koordinatėmis (α , β , γ), jeigu šių trijų koodrinačių tarpusavio sąveikos funkcija ($\mu_A(x)$) gali būti visapusiškai aprašyta (Turskis, Zavadskas 2010):

$$\mu_A(x) = \begin{cases} \frac{1}{\beta - \alpha} x - \frac{\alpha}{\beta - \alpha}, & \text{jei } x \in [\alpha, \beta]; \\ \frac{1}{\beta - \gamma} x - \frac{\alpha}{\beta - \gamma}, & \text{jei } x \in [\beta, \gamma]; \\ 0 & \text{kitu atveju.} \end{cases} \quad (2.6)$$

Apytikslų duomenų rinkinys A yra charakterizuojamas α, β, γ duomenų tarpusavio funkcija $\mu_A(x) \rightarrow [0;1]$:



2.9 pav. Tarpusavio priklausomybės funkcija (Turskis, Zavadskas 2010)

Fig. 2.9. Triangular membership function (Turskis, Zavadskas 2010)

Neraiškiųjų skaičių taikymas MCDM metoduose suteikia galimybę nuodugniau įvertinti suinteresuotų ekspertų, specialistų ar suinteresuotų asmenų grupių įtaką priimamam sprendimui, išryškinant argumentų pasiskirstymą.

Pirmasis ARAS-F skaičiavimų žingsnis prasideda nuo skaičiuojamosios matricos sudarymo:

$$\tilde{X} = \begin{bmatrix} \tilde{x}_{01} & \cdots & \tilde{x}_{0j} & \cdots & \tilde{x}_{0n} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{x}_{i1} & \cdots & \tilde{x}_{ij} & \cdots & \tilde{x}_{in} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{x}_{m1} & \cdots & \tilde{x}_{mj} & \cdots & \tilde{x}_{mn} \end{bmatrix}; i = \overline{0, m}; j = \overline{1, n}, \quad (2.7)$$

čia m – alternatyvų skaičius, n – alternatyvas nusakančių rodiklių skaičius, \tilde{x}_{ij} – neraiškūs įvertinimai i alternatyvos j rodikliu, \tilde{x}_{0j} – optimali j rodiklio vertė. Žymėjimas “ \sim ” yra žymima neraiškioji reikšmė.

Antrasis žingsnis – visų rodiklių reikšmingumų normalizavimas ir normalizuotos matricos $\tilde{\tilde{X}}$ sudarymas iš normalizuotų $\tilde{\tilde{x}}_{ij}$ reikšmių:

$$\tilde{X} = \begin{bmatrix} \tilde{x}_{01} & \cdots & \tilde{x}_{0j} & \cdots & \tilde{x}_{0n} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{x}_{i1} & \cdots & \tilde{x}_{ij} & \cdots & \tilde{x}_{in} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{x}_{m1} & \cdots & \tilde{x}_{mj} & \cdots & \tilde{x}_{mn} \end{bmatrix}; i = \overline{0, m}; j = \overline{1, n}. \quad (2.8)$$

Antrajame žingsnyje taip pat atliekamas reikšmingumų vertinimo krypties apskaičiavimas. Jeigu rodiklių reikšmės yra suteikiama maksimizuojanti kryptis:

$$\tilde{x}_{ij} = \frac{\tilde{x}_{ij}}{\sum_{i=0}^m \tilde{x}_{ij}}. \quad (2.9)$$

Jeigu rodiklių reikšmės yra suteikiama minimizuojanti kryptis:

$$\tilde{x}_{ij} = \frac{1}{\tilde{x}_{ij}^*}; \quad \tilde{x}_{ij} = \frac{\tilde{x}_{ij}}{\sum_{i=0}^m \tilde{x}_{ij}}. \quad (2.10)$$

Atlikus rodiklių normalizavimą, visi rodikliai, kurie pirminėje stadijoje buvo apibūdinami skirtingais matavimo vienetais įgavo bedimensines reikšmes.

Trečiasis žingsnis – normalizuotoms matricos rodiklių reikšmingumų suteikimas. Reikšmingumų nustatymas šio uždavinio sprendime yra atliekamas naudojantis AHP metodu. Esminė reikšmingumų panaudojimo taisyklė yra ta, kad reikšmingumas turi tenkinti sąlygą $0 < \tilde{w}_j < 1$. Nustačius normalizuotus rodiklius jiems yra suteikiami reikšmingumai, kuria yra nurodomi naujai sudaromoje \tilde{X} matricioje:

$$\tilde{X} = \begin{bmatrix} \tilde{x}_{01} & \cdots & \tilde{x}_{0j} & \cdots & \tilde{x}_{0n} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{x}_{i1} & \cdots & \tilde{x}_{ij} & \cdots & \tilde{x}_{in} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{x}_{m1} & \cdots & \tilde{x}_{mj} & \cdots & \tilde{x}_{mn} \end{bmatrix}; i = \overline{0, m}; j = \overline{1, n}. \quad (2.11)$$

Visi normalizuoti rodikliai yra paskaičiuoti taikant šį skaičiavimą:

$$\tilde{x}_{ij} = \tilde{x}_{ij} \tilde{w}_j; \quad i = \overline{0, m}, \quad (2.12)$$

čia w_j yra rodiklio reikšmingumas j rodiklio ir \tilde{x}_{ij} normalizuota j rodiklio reikšmė. Gavus normalizuotą pasvertą matricą atliekami kiekvienos alternatyvos aptimalumo funkcijos \tilde{S}_i skaičiavimai:

$$\tilde{S}_i = \sum_{j=1}^n \tilde{x}_{ij}; \quad i = \overline{0, m}. \quad (2.13)$$

Paprastojo ARAS metodo atveju optimalumo funkcijos reikšmė nusako alternatyvų pasiskirstymą – didžiausią reikšmę turinti alternatyva laikoma geriausia, mažiausią – atvirkščiai, blogiausia. ARAS-F metodo atveju yra gaunama, kad kiekviena apskaičiuota optimalumo funkcija įgauna neraiškiojo skaičiaus reikšmę. Siekiant gauti raiškniąją reikšmę yra atliekamas nesudėtingas matematinis skaičiavimas:

$$S_i = \frac{1}{3}(S_{i\alpha} + S_{i\beta} + S_{i\gamma}). \quad (2.14)$$

Atkreiptinas dėmesys, kad tiek ARAS, tiek ARAS-F metodų taikymo atveju yra apibrėžiama teoriškai akivaizdžiai geriausia alternatyva, kuri yra sudaroma mechanškai atrenkant geriausia minimizuojamos ar maksimizuojamos krypties reikšmė iš kiekvienos alternatyvos A_i , analogiškai apskaičiuojant idealią nagrinėjamų alternatyvų optimalumo funkciją S_0 .

Paskutinis žingsnis, kuris yra atliekamas šio metodo skaičiavimuose – naudingumo laipsnio K_i nustatymas, kuris parodo alternatyvų pasiskirstymą nuo geriausios alternatyvos link blogiausios:

$$K_i = \frac{S_i}{S_0}; \quad i = \overline{0, m}. \quad (2.15)$$

Naudingumo laipsnis K_i yra apibrėžiamas intervale $[0;1]$, todėl pati geriausia alternatyva, geriausiai tenkianti suinteresuotų asmenų poreikius, bus artimiausia 1.

2.5.2. Racionalaus varianto parinkimas MOORA metodu

MOORA metodas (*Multi – Objective Optimization On the basis of Ratio Analysis*) pirmą kartą buvo pasiūlytas 2006 m. mokslininkų Brauers ir Zavadsko (2006). MOORA metodas leidžia išvengti subjektyvumo, nes nereikia įvertinti rodiklių reikšmingumo koeficientų.

MOORA metodą sudaro dvi dalys: santykio skaičiavimas ir atskaitos taško teorijos taikymas.

Išėities duomenys, turintys skirtingus matavimo vienetus, normalizuojami į bedimensius dydžius šia formule:

$$\overline{x}_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}}, \quad (2.16)$$

čia $i = \overline{1, m}$, $j = \overline{1, n}$ normalizuotos reikšmės priklauso intervalui $[0; 1]$. Rodiklių reikšmės yra sumuojamos, kai reikšmė yra maksimizuojama, arba atimamos, kai reikšmė minimizuojama:

$$S_i^* = \sum_{j=1}^g \overline{x_{ij}} - \sum_{j=g+1}^n \overline{x_{ij}}, \quad (2.17)$$

čia g – maksimizuojamų rodiklių skaičius.

Geriausia alternatyva laikoma ta, kurios y reikšmė yra didžiausia, o blogiausia, kurios y reikšmė yra mažiausia. Pagal normalizuotų rodiklių reikšmes randamas atraminis tikslo taškas (idealiai geriausia alternatyva), kurio reikšmės yra nustatomos taip: $r_j = \max_i x_{ij}$, jei rodiklio geriausia reikšmė yra maksimali, ir $r_j = \min_i x_{ij}$, jei geriausia reikšmė minimali. Iš maksimalios reikšmės rodiklių sudaroma maksimumo alternatyva, kuri vėliau lyginama su kiekviena rodiklio alternatyva.

Sekančiame skaičiavimų etape yra ieškomas atstumas iki optimalaus (atraminio) taško. Alternatyvos yra tuo geresnės, kuo jos yra artimesnės idealiajam taškui. Galutinis alternatyvos rangas nustatomas remiantis Čebyševa (Чебышёва) metrika ir Min-Max metodu (Karlin, Studden 1966).

$$K_i = \sum_{j=1}^n |r_j - x_{ij}|. \quad (2.18)$$

Daugiatikslio MOORA metodo taikymas apima daugelio problemų, sudarytų iš daugelio galimų alternatyvų, vertinimo ir sprendimų priėmimo paieškas įvairiose technologijų, ekonomikos, gamtosaugos, energetikos ir kitose srityse, kurios gali būti nusakomos rodikliai apibūdinamomis alternatyvomis. 2.9 lentelėje pateikiamos šio metodo taikymo Lietuvos ir pasaulio mokslininkų mokslo darbų publikacijos susijusios su statybos sektoriaus problemų nagrinėjimu.

2.9 lentelė. MOORA metodo taikymas statybos srityje

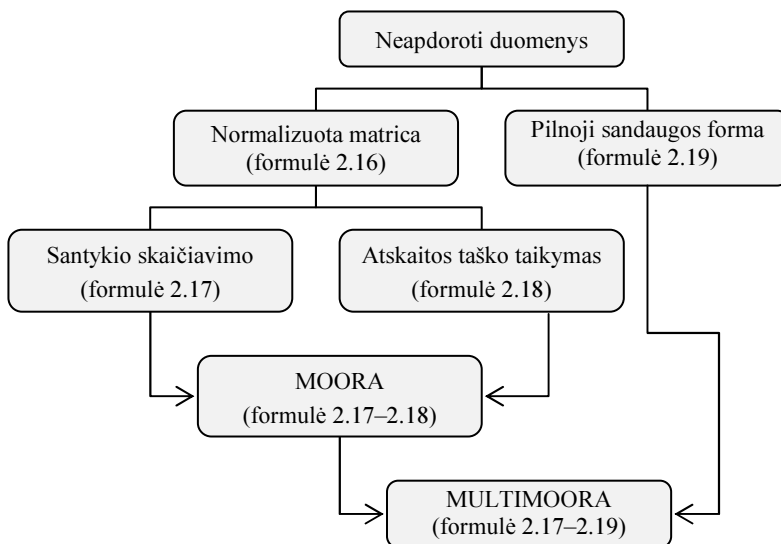
Table 2.9. Application of MOORA method in the field construction

Autorius	Nagrinėjama problema
Karande ir Chakraborty (2013)	Medžiagų parinkimas
Kurmar ir Ray (2014)	Architektūros modeliavimas
Zavadskas <i>et al.</i> (2013)	Statybos technologijų parinkimo vertinimas
Wang <i>et al.</i> (2013)	Gamybos precesų vertinimas
Brauers <i>et al.</i> (2012)	Mūrinių pastatų vertinimas
Štreimikienė <i>et al.</i> (2012)	Atsinaujinančių energijos šaltinių gamyba

2.5.3. Racionalaus varianto parinkimas MULTIMOORA metodu

Sukūrus MOORA metodą, šio metodo kūrėjai Brauers ir Zavadskas po 4 metų (2010 m.) patobulino MOORA metodą, pridėdami papildomą sandaugos formą (2.10 pav.), taip patobulindami sukurtą metodą ir pavadindami jį MULTIMOORA (*MOORA plus the full multiply form*) (Brauers, Zavadskas 2010).

MOORA ir MULTIMOORA yra patogūs tuo, kad leidžia atlikti skaičiavimus nesinaudojant papildomais metodais, pavyzdžiui AHP, kurie reikalingi nagrinėjamų kintamųjų reikšmingumo koeficientų (reikšmingumų) nustatymui, o tiesiog vadovaujantis metodologija atliekami matematiniai veiksmai.



2.10 pav. MULTIMOORA sprendimo algoritmo schema (Brauers, Zavadskas 2010)

Fig. 2.10. MULTIMOORA decision algorithm diagram (Brauers, Zavadskas 2010)

MULTIMOORA metodas (Brauers, Zavadskas 2010) yra MOORA papildymas sandaugos forma. Ši sandaugos forma sąveikauja su naudingumo funkcijos minimizavimu ir maksimizavimu. Sandaugos forma U'_i nusakoma formule:

$$U'_i = \frac{A_i}{B_i}, \quad (2.19)$$

čia A_i ir B_i – atitinkamai maksimizuotų ir minimizuotų rodiklių sandaugos.

$$A'_i = \prod_{j=1}^g x_{ij}, \quad (2.20)$$

$$B'_i = \prod_{j=g+1}^n x_{ij}, \quad (2.21)$$

čia $g = 1, 2, \dots, n$ – rodiklių skaičius.

MULTIMOORA vertinimo metodo taikymo pavyzdžiai pateikiami 2.10 lentelėje.

2.10 lentelė. MULTIMOORA metodo taikymas statybos srityje

Table 2.10. Application of MULTIMOORA method in the field of civil engineering

Autorius	Sprendžiama problema
Liu <i>et al.</i> (2014)	Rizikos įsivertinimas
Zavadskas <i>et al.</i> (2013)	Fasadų alternatyvų parinkimas
Liu <i>et al.</i> (2014 b)	Atliekų tvarkybos strategijos parinkimas
Kracka, Zavadskas (2013)	Stambiaplokščių namų atitvarų efektyvus parinkimas taikant daugiatikslius metodus
Brauers <i>et al.</i> (2012)	Mūrinių pastatų daugiatikslių vertinimas
Eglimez <i>et al.</i> (2015)	Miesto darni plėtra
Lima <i>et al.</i> (2013)	Tiekėjų parinkimas
Baležentis <i>et al.</i> (2011)	Europos Sąjungos narių vertinimas daugiatiksliu MULTIMOORA metodu

MOORA metodikos pagalba gauti rezultatai (santykių sistemos ir atskaitos taško rezultatai), t. y. be pilnosios sandaugos formos metodais gautus rangus, sprendimo alternatyvoms suteikiami galutiniai MULTIMOORA metodo rangai (Baležentis *et al.* 2010).

2.5.4. Dominavimo teorijos taikymas

2.5.3. poskyryje buvo minima, kad MULTIMOORA metodu gaunamos trys alternatyvų reitingavimo eilės: santykių sistemos, atskaitos taško ir pilnosios sandaugos formos reitingai. Šiais trimis metodais gautiems reitingo rezultatams apibendrinti ir galutiniam sprendimui priimti taikoma dominavimo teorija, kurią apibūdino mokslininkai Brauers ir Zavadskas (2011). Dominavimo teoriją Brauers, Zavadskas (2011) pritaikė MULTIMOORA metodu gautų objektyvių alternatyvų reikšmingumui nustatyti, kuri daugiakriterio uždavinio alternatyva yra absoliučiai dominuojanti kitų alternatyvų atžvilgiu.

2.5.5. Racionalaus varianto parinkimas COPRAS metodu

Nagrinėjant statybos procesus nuo projektavimo iki galutinio produkto sukūrimo yra susiduriama su daugelio statybos dalyvių poreikiais. Šie poreikiai apima ir pastatų bei teritorijų eksploatavimą užbaigus statybos etapą. Todėl valdyti tokį informacijos kiekį yra sudėtinga, nes gerinant (bloginant) atskirus projekto procesus (sprendimus), keičiasi ir likusių sprendimų (procesų) racionalumas bei suinteresuotų grupių tikslų patenkinimo lygis. Siekiant įvertinti ir apskaičiuoti, kaip vienas ar kitas sprendimas lemia projekto galutinius sprendimus, yra pasi-
telkiamas projektų daugiatislio kompleksinio proporcingumo vertinimo meto-
das COPRAS (*Complex Proportional Assessment*), suteikiantis galimybę palyginti alternatyvas taikant kiekybinius ir kokybinius rodiklius. COPRAS metodas sukurtas 1996 m. mokslininkų Zavadsko ir Kaklauskio (1996).

COPRAS metodo (Zavadskas, Kaklauskas 1996) sprendimo algoritmas:

1 etapas. Sudaroma įvertinta normalizuota sprendimų matrica D . Šio etapo tikslas – iš lyginamų rodiklių gauti bedimensius (normalizuotus) įvertintus dydžius. Dydžių pavertimas bedimensiniais dydžiais leidžia skirtingų matavimų dydžius palyginti tarpusavyje. Tam taikoma tokia formulė:

$$d_{ij} = \frac{x_{ij} q_j^*}{\sum_{i=1}^m x_{ij}}; \quad i = \overline{1, m}, \quad j = \overline{1, n}, \quad (2.22)$$

čia x_{ij} – j sprendimo alternatyvos i rodiklio reikšmė; q_j – i rodiklio reikšmingumas, m – rodiklių skaičius; n – lyginamųjų variantų skaičius.

2 etapas. Apskaičiuojamos i alternatyvą apibūdinančių minimizuojančių S_{-i} (kuo mažesnė reikšmė, tuo rezultatas priimtinesnis) ir maksimizuojančių S_{+i} (kuo didesnė reikšmė, tuo rezultatas priimtinesnis) įvertintų normalizuotų rodiklių sumos. Šios rodiklių sumos apskaičiuojamos pagal formulę:

$$S_{+i} = \sum_{j=1}^n d_{+ij}, \quad S_{-i} = \sum_{j=1}^n d_{-ij}. \quad (2.23)$$

Šiuo atveju S_{+i} (kuo didesnis šis dydis (projekto plusai), tuo daugiau įgyvendintų suinteresuotų grupių tikslų) ir S_{-i} (kuo mažesnis šis dydis (projekto minusai), tuo labiau pasiekti suinteresuotų grupių tikslai) dydžiai išreiškia kiekvieno alternatyvaus projekto suinteresuotų grupių pasiektų tikslų laipsnį. Bet kuriuo atveju visų alternatyvių projektų plusų S_{+i} ir minusų S_{-i} sumos visada yra atitinkamai lygios visoms maksimizuojančių ir minimizuojančių rodiklių reikšmingumų sumoms. Alternatyvių projektų plusų S_{+i} ir minusų S_{-i} sumos nustatomos pagal formules:

$$S_+ = \sum_{i=1}^m S_{+i} = \sum_{j=\overline{1}, \overline{m}}^n \sum_{i=1}^m d_{+ij}, \quad (2.24)$$

$$S_- = \sum_{i=1}^m S_{-i} = \sum_{j=\overline{1}, \overline{n}}^n \sum_{i=1}^m d_{-ij}, \quad i = \overline{1}, \overline{m}, \quad j = \overline{1}, \overline{n}. \quad (2.25)$$

3 etapas. Lyginamų variantų santykinis reikšmingumas (efektyvumas) nustatomas remiantis juos apibūdinančiomis teigiamomis (projekto plusais) S_{+i} ir neigiamomis (projekto minusais) S_{-i} savybėmis. Kiekvieno projekto A_i santykinis reikšmingumas Q_i nustatomas pagal formulę:

$$Q_i = S_{+i} + \frac{S_{-\min} \sum_{i=1}^m S_{-i}}{S_{-i} \sum_{i=1}^m \frac{S_{-\min}}{S_{-j}}}; \quad i = \overline{1}, \overline{m}, \quad (2.26)$$

4 etapas. Nustatomas projektų alternatyvų pirmumas. Kuo didesnis Q_i , tuo didesnis projekto efektyvumas (prioritetiškumas).

Įvertinus COPRAS metodo racionalumą, galima daryti išvadą, kad šio metodo pagalba yra paprasta apskaičiuoti ir nustatyti bei parinkti racionaliausius projektus, aiškiai matant fizinę šio proceso prasmę. COPRAS metodo skaičiavimų pagalba suformuotas apibendrintas (redukuotas) rodiklis Q_i tiesiogiai ir proporcingai priklauso nuo lyginamų rodiklių reikšmių x_{ij} ir reikšmingumų q_j^* santykinės įtakos galutiniam rezultatui.

Įvertinus šio metodo taikymo galimybes, buvo apžvelgti statybos srityje atlikti moksliniai darbai panaudojant COPRAS metodą (2.11 lentelė).

2.11 lentelė. COPRAS metodo taikymas statybos srityje

Table. 2.11. Application of COPRAS method in the field of civil engineering

Autorius	Sprendžiamoji problema
Nuuter <i>et al.</i> (2015)	Europos nekilnojamojo turto rinkos vertinimas
Kildiene <i>et al.</i> (2011)	Europos valstybių statybos sektoriaus vertinimas
Volvačiovas <i>et al.</i> (2013)	Viešųjų pastatų modernizavimo strategijos
Nguyen <i>et al.</i> (2014)	Statybos mašinų parinkimas
Tamosaitiene, Gaudutis (2013)	Kompleksinis aukštybinių pastatų vertinimas
Zolfani, Zavadskas (2013)	Darni teritorijų plėtra
Mulliner <i>et al.</i> (2013)	Pastatų įperkamumo vertinimas
Medineckiene, Bjork (2011)	Renovacijos projektų prioriteto vertinimas
Bitarafan <i>et al.</i> (2012)	Konstrukcijų vertinimas

2.6. Antrojo skyriaus išvados

1. Sprendžiant sudėtingus uždavinius, susijusius su statybos projektų darnos vertinimu ir siekiant gauti efektyvų ir pagrįstą sprendimą, būtina tiksliai suformuluoti uždavinio tikslus, surinkti ir apdoroti rodiklių visumą, nustatyti ir įvertinti rodiklius ir pritaikyti moksliskai pagrįstus metodus, kad būtų pasiektas sėkmingas projekto įgyvendinimas, finansiniai bei socialiniai tikslai.
2. Nustatant rodiklių visumą, racionalu įvertinti projekto SSGG savybes ir pagal tai parinkti rodiklius, kurie turi esminę įtaką projekto efektyvumo vertinime. Darnios statybos projektų idėjos ir alternatyvos turi būti vertinamos, reitinguojamos, išrenkamos geriausios ir efektyviausios. Sprendimų priėmėjams reikia įvertinti sprendimus pagal daugelį rodiklių, kad būtų pasiekta kuo didesnė projekto realizavimo nauda.
3. Sprendžiant statybos projektų vertinimą, pagrįstą darnos principais, būtina įvertinti kiekybinių ir kokybinių rodiklių visumą, suderinti skirtingus suinteresuotų grupių poreikius ir tikslus. Šių uždavinių sprendimui yra paranku naudoti skirtingus daugiatislio vertinimo metodus, visapusiškai analizuojančius konkrečią sprendžiamą problemą. Disertacijoje statybos projektų darnos vertinimo kompleksiniam modeliui parinkti daugiatislio vertinimo metodų AHP, ARAS, ARAS-F, MOORA, MULTIMOORA, COPRAS deriniai.
4. Siekiant sėkmingai įvertinti statybos projektų darną tikslinga ieškoti naujų sprendimo būdų ar daugiatislio sprendimo metodų derinių, kurie leistų nustatyti racionalų nagrinėjamo uždavinio sprendimą.
5. Sudarytas kompleksinis statybos projektų darnos vertinimo modelis moksliniu požiūriu naudingas tuo, kad kiekvienas suinteresuotas asmuo, ieškantis geriausio sprendimo gali pasirinkti artimiausią metodą savo nagrinėjamai problemai, greitai gauti rezultatus, juos, gautus skirtingais sprendimo metodais, palyginti, tobulinti ir pritaikyti savo sprendimų paieškai.

Kompleksinio modelio praktinis taikymas

Šiame skyriuje pristatomas kompleksinio modelio, sukurto statybos projektų darnos vertinimui, veikimas. Kompleksinis daugiatislio vertinimo modelis gali būti taikomas daugeliui su statybos sektoriaus produktų gamyba/statyba susijusiems procesams įvertinti. Statybos projektų kompleksinio vertinimo modeliui pritaikyti daugiatislio vertinimo metodų deriniai: AHP, ARAS, ARAS-F, MULTIMOORA, COPRAS. Pristatomos praktinės modelio realizavimo galimybės, variantinis statybos projektų vertinimas ir daugiatislė analizė.

Šiame skyriuje sprendžiama keturių uždavinių visuma, argumentuojant kompleksinį statybos projektų vertinimą. Šių uždavinių aktualumas yra itin svarbus šių dienų miestų ir kitų teritorijų plėtrai, paremtai darnos principais. Sprendžiami šie uždaviniai:

1. Parenkama teritorija statybos projektui vystyti.
2. Atrenkamas kultūros paveldo pastatų svarbiausias atnaujinimo variantas.
3. Parenkamas nebaigtos statybos pastatų užbaigimo racionalus variantas.
4. Nustatoma atliekų deginimo gamyklos statybos vieta.

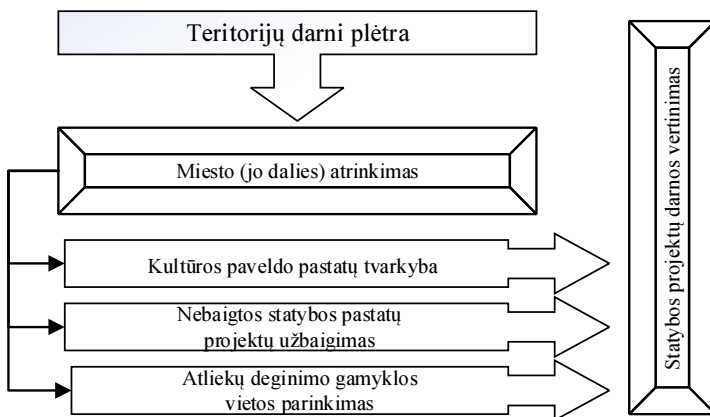
Šiame skyriuje nagrinėjama tema autorius kartu su bendraautoriais paskelbė penkias publikacijas: Kutut *et al.* (2013, 2014); Lazauskas *et al.* 2015; Lazauskas, Šaparauskas 2015; Lazauskas, Vachoviak 2015; Lazauskas 2011; Turskis *et al.* 2012.

3.1. Kompleksinio modelio taikymas statybos projektų darnos vertinimui

Visi pasaulio miestai susiduria su municipalinėmis problemomis, kaip užtikrinti, kad visas miestas plėstųsi efektyviai, sparčiai, ekonomiškai stabiliai ir būtų tenkinami tiek privačių investuotojų, tiek gyventojų, tiek gamtos saugos interesai. Visa tai gali būti apibrėžiama sudėtinga sistema, kuri būtų sudaryta iš daugelio rodiklių ir alternatyvų.

Vienas esminių sprendimo būdų – suskirstyti bendrą nagrinėjamą uždavinį į atskirus segmentus (posistemius), kurie būtų panašūs pagal technologinį požiūrį, procesų lygiagretiškumą ar kitokio pobūdžio giminystę ir galutiniame proceso vertinimo etape sudarytų racionalių alternatyvų visumos sistemą.

Pastarųjų kelių metų praktinė patirtis, realios miesto problemos bei esama miesto pastatų būklė ir perspektyvos leido apibrėžti opias statybos projektų efektyvumo didinimo problemas (3.1 pav.) ir išskirti kelias esmines sritis, kurios sudaro svarias dedamąsias miesto darnios plėtros procese.



3.1 pav. Darnios plėtros mieste problematika

Fig. 3.1. The issues of urban territory in sustainable development

3.1 paveiksle nurodytų uždavinių sprendimas, panaudojant daugiataksių vertinimo metodus, yra aprašomas šiame disertacijos skyriuje.

3.2. Darnios statybos projektų plėtros teritorijos indentifikavimas

Įsibėgėjusi finansinė krizė 2007–2008 metais gerokai destabilizavo nekilnojamojo turto rinką. Dėl finansinės krizės nekilnojamojo turto savininkai nebepajėgė atsiskaityti su bankais (Kang, Liu 2014; Hall 2010, Mishkin 2011, Angelopoulou *et al.* 2014). Pastaroji ekonomikos krizė paveikė ne tik statybos sektorių, poveikis buvo jaučiamas ir kitose pramonės šakose (Kang, Liu 2014).

Statybos sektorius yra vienas iš reikšmingiausių sektorių, darančių įtaką visam šalies ekonomikos lygiui (Taylan *et al.* 2014). Analogiškai, vyraujanti tarptautinė ir nacionalinė situacija sąlygojo statybos srities svyravimus. Paskutinės krizės statybos pramonėje laikotarpis palietė ne tik Vakarų ekonomikas, tačiau turėjo įtakos ir Baltijos valstybių, tame tarpe Lietuvos, statybos pramonei. 2013 metų pabaigoje 2014 metų pradžioje pradėjo atsigausti Lietuvos statybos pramonė. Lietuvoje, kaip ir daugelyje viso pasaulio šalių, yra įgyvendinama daug naujos kokybės pastatų ir jų kompleksų projektų, nuolatos atnaujinamas pastatų fondas. Kokybinė ir kiekybinė miestų plėtra vyksta senamiesčiuose, gyvenamuosiuose rajonuose ir priemiesčiuose, išnaudojamos neužimtos teritorijos arba pritaikomos esamos, nunykusios miesto erdvės gyventojų ar kitų suinteresuotų grupių poreikiams.

Siekdami išspręsti nekilnojamojo turto sektoriaus krizės problemas ir bandydami stabilizuoti regiono situaciją, Baltijos šalyse veikiantys statybos sektoriaus dalyviai peržiūrėjo savo veiklos prioritetus ir tikslus. Natūralu, kad Lietuva, Latvija ir Estija turi savitas statybos sektoriaus tradicijas žvelgiant iš ekonominės, rinkos, teisinės bazės, technologinių bei techninių sprendimų, kultūrinės ir psichologinės sričių. Tačiau bendrais bruožais statybos sektoriaus sėkmę nulemia ekonominė, teisinio reglamentavimo, institucinė bei politinė šalies strategija (Kaklauskas *et al.* 2011).

Stabilizavus Baltijos regiono ekonominius ir finansinius procesus, tokius kaip įmonių bankrutavimas, nedarbo lygis, didėjantis blogų paskolų skaičius, mažėjantys atlyginimai ir nekilnojamojo turto kainų kritimas, atsirado poreikis nekilnojamojo turto rinkos dalyviams įvertinti savo tolimesnės veiklos kryptis.

Glaudus Baltijos šalių tarpusavio bendradarbiavimas valstybiniu lygiu ir atskirų statybos rinkos dalyvių jungtinė veikla sukuria poreikį įvertinti Lietuvos, Latvijos bei Estijos didžiausių miestų, kaip potencialias statybos sektoriaus rinkas, į kurias turėtų būti atkreipiamas didžiausias dėmesys, siekiant efektyviai plėtoti statybos projektus. Trijų Baltijos valstybių sostinių (Vilnius, Ryga, Talinas) statybos sektoriaus potencialo įvertinimas suteiktų galimybę tinkamai nukreipti statybos rinkos dalyvių kapitalą ir investicijas efektyviausia linkme, sukuriant didžiausią pridėtinę vertę šalies ekonomikai, gyventojams bei darnios aplinkos plėtojimui.

Didelė dalis darnaus miesto vystymąsi įtakojančių sričių priklauso statybos šakai, apimant naujos statybos, senos statybos pastatų pritaikymą šiandieniniams vartotojų poreikiams, kelių bei inžinerinių tinklų tiesimą, atsinaujinančių energijos šaltinių integravimą į pastatų technologijas. Statybos sritis privalo apimti tiek architektūrinius, tiek gamtosauginius, socialinius bei ekonominius aspektus vertinant miesto, kuriuo bus patogu naudotis dabartinės ir ateities kartoms, vystymą. Darnaus miesto modeliavimui reikalingas kompleksinis modelis, pagal kurį būtų galima atlikti miesto raidos analizę ir darnaus vystymosi planavimą ateityje pritaikant šiuolaikines technologijas ir strateginius sprendimus.

Statybos projektų efektyvus vystymas visuomet privalo būti pagrįstas įsiti kinimu, kad bus įmanoma sėkmingai užbaigti statybos projektą ir pasiekti užsi brėžtų tikslų, kuo artimesnių darnios plėtros politikai. Miestai, kaip potenciali statybos tikslų įgyvendinimo rinka, gali būti apibūdinama daugeliu apibūdinančių rodiklių. Nagrinėjamos alternatyvos – sostinės: Vilnius, Ryga ir Talinas.

Šios sostinės apibūdinamos daugeliu rodiklių, pavyzdžiui gyventojų tankumas, viešojo transporto maršrutų skaičius, vidutinis dirbančiųjų darbo užmokes tis, pasaulinis miesto konkurencingumo indeksas, gyvenamojo ar biurų ploto nuomos ar įsigijimo kaina, sveikatos apsaugos indeksas ir kt. Tačiau autorius siekia išskirti tris pagrindines rodiklių grupes (ekonominius, socialinius ir aplin kosauginius), kurių grupėmis bus vertinamas miesto efektyvumas (3.1 lentelė). Miesto vertinimo rodiklių rinkiniai sudaryti remiantis Šaparausko (2004) Baltijos valstybių sostinių vertinimo modeliu, jį tobulinant ir sisteminant pagal dabar aktualius miestų rodiklius. Sudarytas rodiklių rinkinys skirtas vertinti teritorijas, kuriose ketinama plėtoti naujos nekilnojamojo turto ar senos statybos pastatų pritaikymo esamai rinkai projektus, inžinerinių projektų vystymą.

Tarpusavyje glaudžiai sąveikauja gamta ir civilizacija, kurios sąveika turi būti palaikoma užtikrinant visų pusių interesus (Turskis *et al.* 2012). Siekiant užtikrinti kelių suinteresuotų grupių interesus privalo būti pasirinkti skaičiuoja mieji metodai, kurie leistų įvertinti kiekvienos iš suinteresuotų grupių indėlį į priimamą sprendimą. Šio uždavinio sprendimui, t. y. kompleksiškam statybos projekto realizavimui, yra pasirenkami vertinimo rodikliai, pateikti 3.1 lentelėje, siekiant įvertinti miesto efektyvumą sąveikaujant privatiems investuotojams ir siekiant darnos balanso principams (Marsal-Llacuna *et al.* 2015).

Šis uždavinys apima trijų alternatyvų vertinimą. Minėtos alternatyvos nusa komos keliolika rodiklių, kurių reikšmingumai pateikiami 3.2 lentelėje. Tokio daugiatikslio uždavinio sprendimui yra pasitelkiami MOORA ir MULTIMOO RA metodai.

3.1 lentelė. Miesto ir jo teritorijos darnios statybos rodikliai**Table. 3.1.** Indicators of sustainable construction in the city

Rodiklis	Rodiklio pavadinimas	Rodiklio apibūdinimas ir vertinimo kryptis
1	2	3
Ekonominiai		
x_1	BVP augimas, %; (DNB, 2014)	Nedarbo lygis ir BVP (bendras vidaus produktas) yra glaudžiai susiję rodikliai: kuo daugiau darbuotojų, tuo daugiau paslaugų ir produkcijos ekonomika gali pagaminti. BVP – tai per tam tikrą laikotarpį sukurtų galutinio vartojimo prekių ir paslaugų pinigine išraiška, parodanti visos šalies ekonomikos dydį. Kryptis – <i>maksimizuojama</i> (siekiama ekonomikos augimo).
x_2	Užsienio investicijos į šalies ekonomiką, mln./EUR; (Sorainen, 2014)	Rodiklis, kuriuo apskaičiuota, kokios investicijos pasiekė šalies ekonomiką iš užsienio investuotojų. Rodiklis apibrėžia visą šalies ekonomiką, tačiau įvertinus tai, kad didieji šalies miestai sukuria didžiausią pridedamąją vertę, tuomet didžioji šių investicijų dalis ati tenka didžiųjų miestų fondams. Kryptis – <i>maksimizuojama</i> (siekiama investicijų pritraukimo ir ekonomikos plėtos).
x_3	Butų pardavimo sandorių skaičius, vnt.; (PWC, 2014)	Rodiklis, nusakantis kiek per 2014 metus įvyko gyvenamųjų butų pardavimo sandorių. Kryptis – <i>maksimizuojama</i> (siekiama gyvenamojo nekilnojamojo turto cirkuliacijos rinkoje).
x_4	Investicinių sandorių skaičius, vnt.; (Sorainen, 2014)	Rodiklis, įvertinantis kiek per 2010–2013 metus įvyko investicinių sandorių. Kryptis – <i>maksimizuojama</i> (siekiama pritraukti vietinį ir išorinį kapitalą).
Socialiniai		
x_5	Nedarbo lygis, %; (DNB, 2014)	Nedarbo lygis yra procentinė išraiška santykio asmenų, galinčių ir norinčių dirbti, tačiau neturinčių tinkamo darbo, su visais darbingais gyventojais, t. y. darbo jėga. Nedarbo lygis parodo, koks yra bedarbių procentas visos darbo jėgos požiūriu. Padėti, kai nedarbo lygis sudaro 4 – 5 proc., ekonomistai laiko visišku užimtumu. Kryptis – <i>minimizuojama</i> (siekiama mažinti bedarbių skaičių bei kurti pakankamai darbo vietų).

3.1 lentelės tęsinys

1	2	3
x_6	Būsto įsigijimo indeksas, const. (NUMBEO, 2014)	Rodiklis, apibūdinantis gyventojų gaunamų pajamų ir esamo nekilnojamojo turto tarpusavio santykį ir galimybes gyventojams įsigyti nekilnojamąjį turtą. Tarpusavyje palyginamos vidutinių nekilnojamojo turto objektų kainos ir vidutinių namų ūkių pajamų santykis. Kryptis – <i>minimizuojama</i> (siekiama didinti suinteresuotų pirkėjų perkamąją galią).
x_7	Būtinąjo pragyvenimo krepšelio indeksas, const. (NUMBEO, 2014)	Būtinąjo pragyvenimo prekių ir paslaugų krepšelio įvertinimas. Šis krepšelis apima tokias sritis kaip maistas, pragyvenimas, išlaidos transportui bei medicininiams paslaugoms bei kita. Kryptis – <i>minimizuojama</i> (siekiama mažinti atotrūkį tarp gyventojų perkamosios galios ir pragyvenimui reikalingų būtinųjų prekių krepšelio).
x_8	Saugumo indeksas, const. (NUMBEO, 2014)	Rodiklis, nusakantis gyventojų pasitenkinimą aplinkos saugumu, galimybėmis būti apsaugotam mentaliniams ir fiziniams bei stichiniams veiksniams. Kryptis – <i>maksimizuojama</i> (siekiama kurti visapusiškai saugią fizinę ir mentalinę aplinką).
Aplinkosaugos		
x_9	Miesto plotas, km ² ; (Wikipedia, 2014)	Apibūdamas miesto dydis, kuris sudarytas iš centrinės miesto dalies ir miesto prieigų, kurios patenka į miesto savivaldybės jurisdikciją. Kryptis – <i>maksimizuojama</i> (siekiama apimti darnos principais kuo didesnė miesto teritoriją).
x_{10}	Pastatų užimamas plotas miesto teritorijoje, %; (Wikipedia, 2014)	Nusakoma miesto teritorijos dalis, kuri yra urbanizuota pastatais. Rodikliu yra įvertinama galimybė naujų pastatų arba kitų statinių statybos galimybės. Kryptis – <i>minimizuojamas</i> (vertinami didesni plėtros galimybių rezervai).
x_{11}	Biurų ir gamybinės paskirties patalpų plotas, tūkst. m ² .; (PWC, 2014)	Rodiklis, kuris nusako miesto zonoje esančių biurų, gamyklų, fabrikų, sandėliavimo bei kitų industrinių pastatų patalpų plotą. Kryptis – <i>minimizuojamas</i> (vertinami didesnės statybos verslo vystymo galimybės).
x_{12}	Oro užterštumas, µg/m ³ (NUMBEO, 2014)	Rodiklis, nusakantis miesto oro užterštumą. Oro užterštumas nustatomas vertinant tokių medžiagų kaip anglies dvideginio, ozono, azoto dioksido, sieros dioksido bei kitų dujų kiekį ore. Kryptis – <i>minimizuojamas</i> (siekiama švarios aplinkos).

3.2 lentelė. Miesto vertinimo MOORA ir MULTIMOORA skaičiavimų rezultatai

Table. 3.2. The calculation results of city evaluation of MOORA and MULTIMOORA method

MULTIMOORA	MOORA	Rodikliai	Alternatyvos			Vertinimo kryptis	$x_{ij}^* = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{j=1}^m x_{ij}^2}}$		
			<i>Vilnius</i>	<i>Ryga</i>	<i>Talinas</i>		a_1	a_2	a_3
			a_1	a_2	a_3		a_1	a_2	a_3
			a_1	a_2	a_3		a_1	a_2	a_3
1 etapas	Duomenų normalizavimas	x_1	3,1	2,4	1,6	max	0,732	0,567	0,378
		x_2	158	127	100	max	0,699	0,562	0,442
		x_3	795	772	608	max	0,629	0,611	0,481
		x_4	357	204	576	max	0,504	0,288	0,814
		x_5	11	10,8	7,6	min	0,640	0,628	0,442
		x_6	13,45	13,32	11,87	min	0,602	0,596	0,531
		x_7	54,64	58,64	65,91	min	0,527	0,565	0,635
		x_8	70,82	61,49	70,43	max	0,604	0,524	0,600
		x_9	402	307	159	max	0,758	0,579	0,300
		x_{10}	20,2	38,8	14,2	min	0,439	0,844	0,309
		x_{11}	404	580	681	min	0,365	0,611	0,702
		x_{12}	26,45	48,21	16,59	min	0,461	0,839	0,289
2 etapas	Santykių sistema (SS): $y_j^* = \sum_{i=1}^{i=6} x_{ij}^* - \sum_{i=g+1}^{i=6} x_{ij}^*;$						0,893	-0,953	0,107
	Santykinių skaičiavimo rangas:						1	3	2
3 etapas	Atskaitos taškas (AT): $\min_{(j)} \left\{ \max_{(i)} r_i - x_{ij}^* \right\}$						0,198	0,551	0,337
	Atskaitos taško rangas:						1	3	2
4 etapas	Bendrasis i -tosios alternatyvos naudingumas U_i :						1158,396	43,390	294,718
	Bendrasis i -tosios alternatyvos naudingumo rangas:						1	3	2

Tuo metu, kai yra nustatomos MOORA ir MULTIMOORA alternatyvų rodiklių maksimizuojantys ir minimizuojantys kryptingumai, yra vertinami privačių investuotojų ir gyventojų interesai, t. y. siekiant bendrųjų darnios plėtros principų – skatinant verslą, užtikrinant visuomeninius ir žmogiškuosius poreikius, tausojant gamtą ir išteklius.

Nustačius vertinamas alternatyvas ir kiekybiškai jas apibūdinus yra atliekami MOORA ir MULTIMOORA metodų skaičiavimai, kurių rezultatai pateikiami 3.2 lentelėje. Detali skaičiavimų eiga pateikiama A priedo A1 lentelėje.

Apibendrinus MOORA ir MULTIMOORA skaičiavimo metodais gautus rezultatus (3.3 lentelė) yra nustatyta, kad atsižvelgiant į dabartines vyraujančias Baltijos šalių aplinkos sąlygas, siekiant plėtoti darnią statybą regione, patraukliausia investicinė zona yra Vilniaus (Lietuva) miestas, t. y. į alternatyvą a_1 .

3.3 lentelė. Miestų vertinimo skaičiavimo galutiniai rezultatai

Table 3.3. The final results of cities evaluation

Alternatyva	MULTIMOORA			Dominavimo teorijos rangas	Prioritetas
	MOORA		Pilnosios sandaugos formos rangas		
	Santykių sistemos rangas	Atskaitos taško rangas			
a_1	1	1	1	1	1
a_2	3	3	3	3	3
a_3	2	2	2	2	2

Remiantis gautais rezultatais, alternatyvos pasiskirstė: $a_1 \succ a_3 \succ a_2$. Patraukliausiu miestu, iš nagrinėtų trijų Baltijos valstybių sostinių, nustatytas Vilniaus miestas.

Projektų realizavimo zonos nustatymas – tai vienas iš lemiamų veiksmų siekiant nustatyti privačių investuotojų veiklos kryptis, tokiu būdu įvertinant, ar ketinamas įgyvendinti statybos projektas galės būti efektyviai realizuojamas ir gaunamas finansinis pelnas bei ekonominė ar socialinė nauda tiek projekto vystytojui, tiek sukurtų statinių/produktų naudotojams.

3.3. Kultūros paveldo statinių išsaugojimo vertinimas

Tyrimai rodo, kad didžiausias senamiesčių istorines ir kultūrines vertybes sudaro pastatų architektūra, kuri vienokiu ar kitokiu būdu atspindi ne tik miesto užstatymo evoliucijos laikotarpį, bet ir krašto istorijos bei kultūros raidą. Tvarkant senamiesčius pagal jų atliekamą funkciją vienas iš pagrindinių uždavinių – tai

architektūros paminklų pritaikymas šiuolaikiniams reikalavimams, kad praeities paminklai galėtų vėl tęsti savo aktyvų gyvenimą, kaip neatsiejamą besivystančio miesto ir istorinio centro dalį. Paversti senamiestį patrauklia miesto dalimi, pritaikyti senuosius pastatus ir teritorijas nūdienos reikalavimams – didelis ir sudėtingas darbas, reikalaujantis ne tik daug lėšų, bet ir laiko (Kliukas *et al.* 2008). Prieš rengiant rekonstrukcijos projektą bet kuriam senamiesčio pastatui arba kvartalui, reikia atlikti kompleksinius tyrimus, t. y. archeologinius, istorinius, architektūrinius, ekonominius, socialinius ir kt., kad nenukentėtų unikalūs ir specifiniai senamiesčio užstatymas. Norint kompleksiškai įvertinti senamiesčio pastatų būklę, reikia į šį darbą įtraukti įvairius specialistus, kurie sugebėtų metodiškai ištirti ir išanalizuoti ją, tai pat pateikti reikiamas išvadas ir pasiūlymus dėl senamiesčių rekonstrukcijos metodų (Kaplinski, Tamošaitienė 2010, Mickaitytė *et al.* 2008).

Šiandieninis rekonstrukcijos metodo tikslas – ne vien tiksliai atstatyti senus pirminius tūrus, bet ir išlaikyti kuo daugiau autentiško eksterjero ir interjero elementų, kad architektūros paminklai netaptų naujai sukurtais dariniais, taip pat suteikti jiems tinkamiausias šiuolaikines funkcijas (Kavaliauskas 2010). Rekonstrukcijos praktika rodo, kad visa tai reikalauja pagrįstų ir tikslų koncepcijų, nes kiekviena skubota išvada vėliau pareikalauja papildomo darbo ir lėšų klaidoms taisyti.

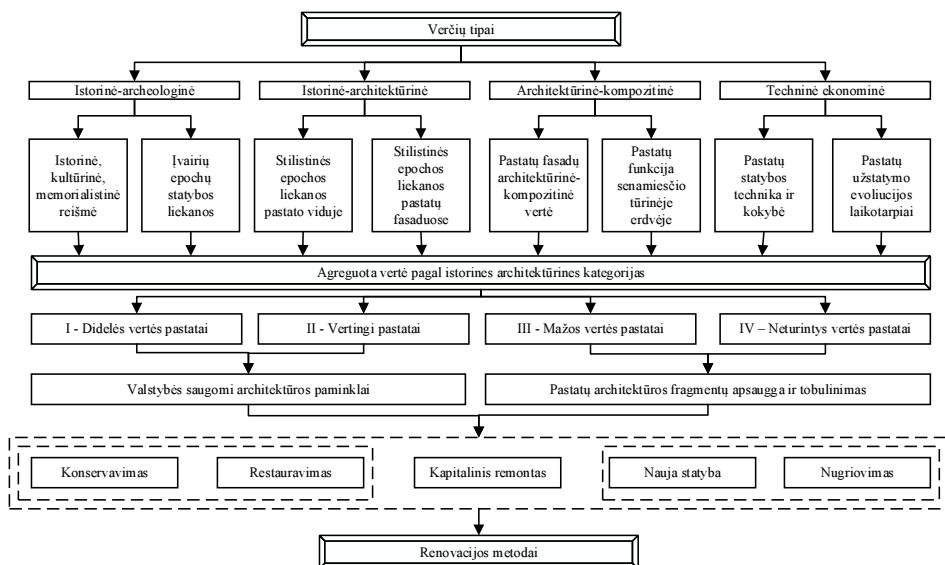
Pirmojo disertacijos uždavinio sprendimo metu nustatyta, kad efektyviausia zona Baltijos regione statybos projektų realizavimui, kuris glaudžiai palaikytų darnos principus, yra Vilniaus miestas. Pagrindinis disertacijos antrojo uždavinio tikslas – nustatyti kultūros paveldo pastatų atkūrimo bei išsaugojimo prioritetiškumą bei vertinant rodiklių visumą, atrinkti geriausią variantą.

Vilniaus senamiestis nuo 1994 metų yra Pasaulio paveldo sąrašė. Lietuvos sostinės senamiesčio plotas sudaro 359,5 ha, kur yra 112 kvartalų, 3 zonos (Vilniaus pilių teritorija – 82,5 ha, Senamiesčio branduolys, apjuostas gynybinės sienos – 98 ha, buvę istoriniai priemiesčiai – 179 ha). Vilniaus senamiestyje išlikę autentiški gynybinės, gyvenamosios, reprezentacinės, sakralinės paskirties statiniai turi gotikos, renesanso, baroko, klasicizmo bruožų. Architektūrai būdingas ir savitas kelių stilių susiliejimas į darnią estetinę visumą. Vietos dviasia kuria miesto panoramoje žvilgsnį traukiantys XVIII a. ketvirtajame dešimtmetyje susiformavusios originalios Vilniaus baroko mokyklos stilistinius ypatumus išsaugojusių bažnyčių kupolai, santūriai didinga klasicistinė architektūra.

Senamiesčių planinė struktūra susiklostė ilgo bei sudėtingo proceso metu ir priklausomai nuo evoliucijos laikotarpio (XIV–XVI a.) atspindi pagrindines Lietuvos gyvenviečių ir miestų planinio formavimosi kryptis. Senamiesčių planinės struktūros evoliucija yra glaudžiai susijusi su lietuvių architektūros, urbanistikos ir apskritai kultūros raida. Senamiesčių užstatymo evoliucijos

analizės tikslas – parodyti archeologinę, istorinę, architektūrinę, meninę ir urbanistinę vertę, tuo pačiu apibrėžiant tvarkybos svarbą ir mastą (3.2 pav.).

Visuose Lietuvos didžiuosiuose miestuose susiduriama su problema, kaip užtikrinti darnią plėtrą statybos sektoriuje nepažeidžiant senamiesčio pastatų unikalios architektūros ir jų priežiūros. Darni plėtra susijusi su senamiesčio pastatais apima ne tik statybos procesus, bet ir teritorijų planavimą, visapusišką gyventojų gyvenimą, ypatingai atkreipiant dėmesį į neįgaliųjų asmenų integravimą į visuomenę, viešųjų erdvių kūrimą ir daugelį kitų svarbių aspektų.



3.2 pav. Istorinio paveldo statinių verčių tipai
Fig. 3.2. The types of historical heritage buildings

Senamiesčių atstatymo procesas tęsiasi dešimtmečius, prieš pradedant senamiesčio rekonstrukciją, reikia kruopščiai kompleksškai ištirti ne tik pastatus, bet ir kvartalus, kad rekonstruoti arba nauji pastatai praturtėtų funkcinio požiūriu, nenukentėtų jų architektūra, specifinė senamiesčio struktūra (Al-Mukhtar 2012). Todėl senamiesčių užstatymo būklės įvertinimas ir pats rekonstrukcijos procesas turi remtis mokslo ir technikos pažanga. Tokiu būdu bus įmanoma aiškiai suformuluoti statybos projekto idėjas ir kryptis bei jį efektyviai įgyvendinti.

Vilniaus miesto senamiestis ir jo aplinkos susiformavęs kraštovaizdis, jo struktūra ir miesto panorama nuolatos kinta dėl vykdomų statybos arba plėtros projektų. Tai lemia į miesto erdves integruojami nauji, šiuolaikinių formų statiniai, kuriami iš novatoriškų medžiagų. Siekiant atkurti arba išsaugoti kultūros paveldo statinį yra atsižvelgiama į daugelio visuomenės grupių interesus ir

poreikius, pravartu šių nuomonių įvertinimui panaudoti daugiataksiškus vertinimo metodus (Šijanec-Zavrl *et al.* 2009). Šiuo atveju bus naudojamas AHP metodas rodiklių reikšmingumams nustatyti, o ARAS metodas alternatyvų įvertinimui.

Siekiant užtikrinti archeologines, istorines, architektūrines, ekonomines, socialines ir kt. pastatų savybes, kad nenukentėtų unikalūs ir specifiniai senamiesčio užstatymas, yra parenkami rodikliai (3.4 lentelė), pagal kuriuos bus atliekamas kultūros paveldo pastatų vertinimas, siekiant paskirstyti prioritetus šio paveldo išsaugojimui bei atkūrimui (Dutta, Husain 2009).

3.4 lentelė. Kultūros paveldo statinių alternatyvas apibūdinantys rodikliai

Table 3.4. Assessment factors of cultural heritage building alternatives

Rodiklis		Vertinimo skalė	Rodiklio apibūdinimas
1	2	3	4
x_1	Automobilių parkavimo galimybės, balai	0–10	Kiekviename tankiai apgyvendinto miesto senamiestyje susiduriama su problema, kad yra pakankamai sudėtinga atrasti automobilio stovėjimo vietą netoli lankytinų objektų. Šiuo atveju autoriai balais įvertina galimybę statyti automobilį kultūros paveldo pastato prieigose – kvartale. Šio rodiklio reikšmingumas įtakoja nagrinėjamo pastato patrauklumą investuotojui bei judėjimo sutrikimus turinčių žmonių galimybes lengviau pasiekti šį pastatą.
x_2	Paveldosauginė pastato vertė, balai	0–10	Kiekvienas kultūros paveldo objektas, kaip ir statiniai, yra apibūdinami pagal kultūrinių detalių vertingumą. Šis rodiklis yra išreikštas subjektyvia išraiška, todėl kiekvienas ekspertas, įvertindamas kultūros vertybių išliekamąją vertę, skiria šiam rodikliui įvertinimą. Rodikliu nustatoma, kokia yra subjektyvi statinių kultūrinė vertė bei kokią kultūrinę pastato nauda yra iki šiol išsaugota.
x_3	Epochų liekanos, balai	0–10	Vertinamos meno epochų (gotika, renesansas, barokas) išskirtinumas ir autentiškumas, grynumas ir atitikimas epochos bruožams pastato architektūroje.

3.4 lentelės tęsinys

1	2	3	4
x_4	Atstumas nuo senamiesčio centro, <i>km</i>	0–15	Atstumas nuo kultūros paveldo pastato iki miesto centro, kuriame įsikūrusi miesto senamiesčio širdis, įvertina kitų kultūros paveldo objektų tankumą. Senamiesčio centro atraminė vieta – Arkikatedros varpinės bokštas. Vilniaus atveju, senamiestis yra tankiai nusėtas kultūros paveldo objektas. Todėl įvertinama tai, kad pastato priklausymas senamiesčio zonai leidžia nagrinėjamam pastatui būti viso miesto senamiesčio architektūros ansamblio dalimi.
x_5	Fasado užterštumas šiuolaikine stilistika, balai	0–10	Miestams besiplečiant, vyraujant šiuolaikinėms statybos medžiagoms ir architektūrinams sprendimams senamiesčio zonose buvo pastatyti modernūs pastatai, kurie „užteršė“ senamiesčio pastatų autentiškumą. Šiuo rodikliu ekspertai išreiškia nuomonę, kaip intensyviai šiuolaikinė architektūra įtakoja nagrinėjamo kultūros paveldą.
x_6	Investicijų dydis kultūrinės vertės atstatymui, %	0–100 %	Rodiklis, apibūdinantis piniginių investicijų dydį, siekiant atkurti bei išsaugoti meno epochų liekanas. Ekspertai, žinodami preliminarą vizualinę pastatų būklę ir turėdami ilgametę patirtį gali teikti tam tikras prognozes, kiek piniginių lėšų gali pareikalausiti šio projekto vykdymas. Šis rodiklis, turint detalius sąmatinius skaičiavimus, gali būti pakeistas tiesiog piniginėmis išraiškomis.
x_7	Prieinamumas, balai	0–10	Statinių prieinamumu yra apibūdinamos galimybės susipažinti su privačios nuosavybės teise valdomais kultūros paveldo objektais. Nuolatos susiduriama su problema, kad privatus savininkas nėra pajėgus prižiūrėti turimus objektus ir vietiniams gyventojams bei turistams visapusiškai apžiūrėti kultūros paveldo statinius nėra galimybių.
x_8	Pritaikymas neįgaliesiems, balai	0–10	Objektų prieinamumas žmonėms su fizine negalia tampa vis aktualesnis, nes yra siekiama šiuos žmones integruoti į visuomenę. Būtina įvertinti ar kelių šimtmečių senumo statiniai gali būti pritaikyti šiai žmonių grupei ir ar jie galėtų grožėtis kultūros paveldu.

3.4 lentelės pabaiga

1	2	3	4
x_9	Statinio būklė, balai.	0–10	Vertinant statinius vienas pagrindinių reikalavimų, kad statinį būtų įmanoma atstatyti minimaliomis investicijomis. Šio rodiklio tikslas yra įvertinti statinio konstrukcinę būklę ir atitikimą statybos sritį reglamentuojamiems reikalavimams.
x_{10}	Panaudojimo patogumas, balai.	0–10	Suinteresuotos grupės privalo numatyti kokias veiklas yra numatoma investuoti į esamą statinį. Į statinio panaudojimo patogumą privalo atkreipti dėmesį tiek viešojo intereso atstovai, tiek privatus investuotojai. Statinio panaudojimo patogumas leidžia statinius išnaudoti visapusiškai, įvertinant įvairius jo panaudojimo variantus (pavyzdžiui apgyvendinimo, biuro ar prekybinės reikmės) kartu išsaugojant galimybes supažindinti su kultūros paveldo elementais.
*Vertinimo skalės reikšmė: 0 balų – mažiausia reikšmė, 10 balų – didžiausia vertė			

Kultūros paveldo pastatus apibūdinantys rodikliai, dėl mokslinėje literatūroje esančio nedidelio informacijos kiekio apie tokio tipo pastatų tvarkybą iš statybos sritys pusės, buvo parenkami konsultuojantis su ekspertais. Rodikliai atspindi ekspertų, kaip ilgametę teorinę ir praktinę patirtį kultūros paveldo tvarkybos srityse turinčių asmenų, nuomonę apie paveldo statinių tvarkybą.

Sisteminant informaciją apie kultūros paveldo pastatus, nėra vertinama informacija pastatų, kurie yra pripažinti avarinės būklės, nes tokių pastatų priežiūrą ir tvarkymą numato šalies įstatymai.

Siekiant įvertinti įvairių suinteresuotų grupių interesus, buvo apklausti mokslo (3 ekspertai) bei valstybinių institucijų (2 ekspertai), verslo subjektų (3 ekspertai), miesto gyventojų (5 ekspertai), paveldosaugos ekspertų atstovų nuomonės (2 ekspertai). Apklaustų asmenų skaičius 15 ekspertų. Autoriaus manymu, šių grupių atstovai daro didžiausią įtaką kultūros paveldo objektų išsaugojimo nuomonės formavimui. Asmenims, kurie nebuvo susidūrę su AHP metodo skaičiavimo metodika, buvo paaiškinti duomenų įvedimo principai ir rodiklių vertinimo metodika. Ekspertai AHP porinį palyginimą atliko vadovaujantis porinio lyginimo skale (3.5 lentelė), kai buvo gauti porinio lyginimo pavyzdiniai rezultatai (3.6 lentelė). Atlikus AHP skaičiavimo algoritmus (3.7 lentelė), gauti rodiklius nusakantys reikšmingumai, kurių suderinamumo patikrinamas pateikiamas B priedo B1 lentelėje. AHP skaičiavimų vizualizacija atlikta atsižvelgiant į Sivilečiaus *et al.* (2011) mokslo publikaciją.

3.5 lentelė. AHP metodo kokybinių rodiklių vertinimų skalė (Saaty 1996)

Table 3.5. Qualitative evaluation attributes scale (Saaty 1996)

Balas	Vertinimo apibrėžimas	Vertinimo paaiškinimas
1	Alternatyvos lygios	Abi alternatyvos rodiklių atžvilgiu vienodos
3	Silpnai pranašesnė alternatyva	Remiantis eksperto patyrimu ir nuomone (nagrinėjamo rodiklio atžvilgiu), alternatyva silpnai pranašesnė už kitą alternatyvą.
5	Svarbus alternatyvos pranašumas	Remiantis eksperto patyrimu ir nuomone (nagrinėjamo rodiklio atžvilgiu), alternatyva turi svarbų pranašumą, palyginti su kita alternatyva.
7	Akivaizdžiai geresnė alternatyva	Alternatyva turi akivaizdų pranašumą (nagrinėjamo rodiklio atžvilgiu), ir tas pranašumas yra pasitvirtinęs praktikoje.
9	Absoliučiai geresnė alternatyva	Alternatyva turi absoliučiai neginčijamą pranašumą (nagrinėjamo rodiklio atžvilgiu).
2, 4, 6, 8	Tarpinės reikšmės	Kai reikalingas kompromisas tarp anksčiau išvardytų vertinimų.
1/3, 1/5, 1/7, 1/9	Jei alternatyvos vertinamos pagal rodiklį x , o alternatyva A turi vieną iš pirmiau aprašytų vertinimų, palyginti ją su alternatyva B , tada alternatyva B turės atvirkštinį vertinimą, palyginti su alternatyva A .	

3.6 lentelė. Kultūros paveldo statinių rodiklių porinio lyginimo rezultatai

Table 3.6. Pairwise comparison matrix of cultural heritage assessment criteria

	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}
x_1	1	1/7	1/3	3	5	1/9	1/3	1/3	1/3	3
x_2	7	1	5	5	7	1/5	3	3	1	3
x_3	3	1/5	1	3	5	1/7	1	3	1/3	1
x_4	1/3	1/5	1/3	1	1	1/5	1	1	1/3	1
x_5	1/5	1/7	1/5	1	1	1/7	1/3	1	1/3	1
x_6	9	5	7	5	7	1	7	3	5	5
x_7	3	1/3	1	1	3	1/7	1	1	1/3	1
x_8	3	1/3	1/3	1	1	1/3	1	1	1/3	1
x_9	3	1	3	3	3	1/5	3	3	1	5
x_{10}	1/3	1/3	1	1	1	1/5	1	1	1/5	1

Efektyvumo pagrindimui buvo atrinkti 7 statiniai, kurie turi skirtingą savo panaudojimo paskirtį: religiniai, administraciniai bei gyvenamieji (3.8 lentelė). Tokie pastatai, kaip alternatyva Nr.1, turi įspūdingą statybos istoriją – statybų pradžia siekia 1387 metus, bet istorijos šaltiniuose minimi keli gaisrai, tad nuolatos šis statinys buvo atstatomas. Kitos alternatyvos yra apibūdinamos 3.8 lentelėje. Tokia pastatų istorija išsaugoja daug kultūrinių vertybinių liekanų, todėl siekiama išsaugoti daugiau vertybių.

3.7 lentelė. Kultūros paveldo pastatų rodiklių vertinimo AHP metodu skaičiavimas
Table 3.7. Calculation of AHP method of cultural heritage buildings assessment criteria

Skaičiavimų žingsnis	Rodiklis									
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}
I žingsnis	ω''_1	ω''_2	ω''_3	ω''_4	ω''_5	ω''_6	ω''_7	ω''_8	ω''_9	ω''_{10}
Visų ekspertų a_{ij} elementų sandauga:	$\omega_i'' = \prod_{j=1}^{10} a_{ij}$									
Kiekvienos eilės sandauga:	0,009	6615,0	1,286	0,002	0,0001	5788125,0	0,143	0,037	729,0	0,004
II žingsnis	ω'_1	ω'_2	ω'_3	ω'_4	ω'_5	ω'_6	ω'_7	ω'_8	ω'_9	ω'_{10}
ω_i'' elementų šaknies skaičiavimas, (n = 10)	$\omega'_i = \sqrt[n]{\omega_i''} = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^{10} a_{ij}}$									
Susumuotų a_{ij} elementų 10-o laipsnio šaknis	0,623	2,410	1,025	0,521	0,394	4,745	0,823	0,719	1,933	0,582
III žingsnis	ω_1	ω_2	ω_3	ω_4	ω_5	ω_6	ω_7	ω_8	ω_9	ω_{10}
Kiekvieno ω'_i elemento normalizavimas	$\omega_i = \frac{\sqrt[n]{\prod_{j=1}^{10} a_{ij}}}{\sum_{i=1}^{10} \sqrt[n]{\prod_{j=1}^{10} a_{ij}}}$									
Nustatomi rodiklių reikšmingumai ω_i	0,045	0,175	0,074	0,038	0,029	0,344	0,059	0,052	0,141	0,042

3.8 lentelė. Pastatų alternatyvos**Table 3.8.** The alternatives of buildings

a_1	1387–1426 m. pastatyta mūrinė gotikinė pirmoji parapiinė bažnyčia. Turi gotikos, baroko ir klasicistinių bruožų (Vilniaus Šv. Jono krikštytojo ir Šv. Jono apaštalo ir evangelisto bažnyčia).
a_2	1914–1940 m. funkcionalizmo stiliaus gyvenamosios paskirties pastatas (Tilto g. 7, Vilnius).
a_3	1860–1914 m. eklektikos stiliaus administracinės paskirties pastatas (Jogailos g. 3, Vilnius)
a_4	1780–1795 m. vėlyvojo klasicizmo administracinis pastatas su papildomais to meto ūkiniais pastatais (Žaliųjų ežerų g. 47, Vilnius).
a_5	1860–1914 m. eklektikos stiliaus gyvenamosios paskirties pastatas (Klaipėdos g. 7, Vilnius).
a_6	1860–1914 m. nenustatyto stiliaus mišrios paskirties pastatas (Stuokos – Gucevičiaus g. 9, Vilnius).
a_7	1730–1780 m. nenustatyto stiliaus mišrios paskirties pastatas (B. Radvilaitės g. 6, Vilnius).

Kiekviena iš septynių alternatyvų turi būti aprašoma 3.4 lentelėje nurodytais rodikliais. Kiekvienam iš šių rodiklių būtina nustatyti skaičiuotinę reikšmę.

Rodiklių skaičiuotinės reikšmės buvo surinktos skirtingais metodais: nustatomos šios srities specialistų nuomonės įvertinimas, vizualinė pastato ir jo prieigų apžiūra, matavimai, statybos sritį reglamentuojančių dokumentų analizė ir požiūris iš galimybės pastatus panaudoti pagal dabartinės rinkos poreikius bei reikalavimus. Visi alternatyvas apibūdinantys rodikliai pateikiami 3.9 lentelėje, kurios formavimas yra tapatus ARAS metodo pirminei skaičiavimų matricai.

3.9 lentelė. Alternatyvų rodikliai**Table 3.9.** The indicators of alternatives

Rodiklis	Rodiklio vertinimo kryptingumas	Alternatyvos						
		a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7
x_1	max	4	7	6	9	3	5	6
x_2	max	8	4	7	7	4	4	5
x_3	max	9	3	8	4	4	5	5
x_4^*	min	0,35	0,23	0,55	6,95	0,72	0,23	0,44
x_5	max	4	3	3	4	5	2	5
x_6^*	min	0,8	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,5
x_7	max	5	2	3	4	2	5	3
x_8	max	2	2	2	1	2	2	3
x_9	max	7	6	4	7	4	4	5
x_{10}	max	1	2	3	2	2	4	3

Antrajame metodo žingsnyje atliekamas reikšmingumų vertinimo krypties apskaičiavimas. Šiame žingsnyje rodiklių reikšmėms yra nustatoma maksimizuojanti arba minimizuojanti kryptis (3.10 lentelė).

3.10 lentelė. Transformuota pirminė matrica su rodiklių reikšmingumais

Table 3.10. The changed decision making matrix with criteria weights

Rodiklis	Rodiklių reikšmingumai, ω_j	Alternatyvos							
		a_0	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7
x_1	0,045	9	4	7	6	9	3	5	6
x_2	0,175	8	8	4	7	7	4	4	5
x_3	0,074	9	9	3	8	4	4	5	5
x_4	0,038	$\frac{1}{0,23}$	$\frac{1}{0,35}$	$\frac{1}{0,23}$	$\frac{1}{0,55}$	$\frac{1}{6,95}$	$\frac{1}{0,72}$	$\frac{1}{0,72}$	$\frac{1}{0,44}$
x_5	0,029	5	4	3	3	4	5	2	5
x_6	0,344	$\frac{1}{0,2}$	$\frac{1}{0,8}$	$\frac{1}{0,2}$	$\frac{1}{0,3}$	$\frac{1}{0,4}$	$\frac{1}{0,5}$	$\frac{1}{0,6}$	$\frac{1}{0,5}$
x_7	0,060	5	5	2	3	4	2	5	3
x_8	0,052	3	2	2	2	1	2	2	3
x_9	0,140	7	7	6	4	7	4	4	5
x_{10}	0,042	4	1	2	3	2	2	4	3
Optimalumo funkcija	$\tilde{S}_i = \sum_{j=1}^{10} \left(\frac{x_{ij}}{\sum_{j=1}^{10} x_{ij}} \right) \cdot \omega_{\alpha,j}$	0,190	0,105	0,066	0,084	0,100	0,064	0,076	0,082
Naudingumo laipsnis	$K_i = \frac{S_i}{S_0}$	1,000	0,552	0,346	0,440	0,528	0,339	0,400	0,433

Po reikšmingumų normalizavimo, visi reikšmingumai, kurie pirminėje stadijoje buvo apibūdinami skirtingais matavimo vienetais, tapo bedimensiai.

Trečiasis žingsnis – normalizuotos pasvertos matricos sudarymas.

Siekiant išrinkti geriausią realią alternatyvą iš nagrinėjamų variantų yra dirbtinai apibrėžiama idealiai gerusia alternatyva a_0 . Pagrindinis a_0 rodiklių

duomenų atrinkimo principas yra iš nagrinėjamų realių a_i alternatyvų x_i rodiklių duomenų sumodeliuoti geriausią alternatyvą. Atliekant skaičiavimus alternatyvos a_i yra lyginamos su idealiai geriausia alternatyva a_0 .

Atlikus skaičiavimus pagal užsiduotus kultūros vertybių pastatų vertinimo rodiklius yra gauta prioritetinga eilė pastatų tvarkybai, atsižvelgiant į rodiklių reikšmes:

$$a_1 \succ a_4 \succ a_3 \succ a_7 \succ a_6 \succ a_2 \succ a_5.$$

Skaičiavimo metu nustatyta, kad pagal užsibrėžtus uždavinio vertinimo rodiklius pirmiausia dėmesį ir investicijas reikia skirti Vilniaus Šv. Jono krikštytojo ir Šv. Jono apaštalo ir evangelisto bažnyčiai. Būtent šio objekto išsaugojimas vietinei kultūrai ir visuometei sukurtų didžiausią pridėdamąją vertę.

3.4. Nebaigtos statybos pastatų racionalaus užbaigimo varianto nustatymas

Lietuvoje, kaip ir daugelyje viso pasaulio šalių, yra įgyvendinama daug naujos kokybės pastatų ir jų kompleksų projektų. Miestų plėtra vyksta senamiesčiuose, gyvenamuosiuose rajonuose ir priemiesčiuose, tačiau yra susiduriama ir su problema, su kuria yra susiduriama statybos sektoriuje – apleisti, nebaigti realizuoti statybos projektai, kurie dėl susiklosčiusios pastarojo meto situacijos statybos sektoriuje ir bankų vykdomos politikos bei nekilnojamojo turto rinkos pokyčių nebuvo užbaigti rangovų iniciatyva. Daugelis statybos rangovų nekilnojamojo turto krizės metu tiesiog bankrutavo.

Nagrinėjamo miesto teritorijoje yra išdėstę neužbaigti biurų bei gyvenamosios paskirties pastatai. Taip pat miesto senamiestyje gausu apleistų kultūros paveldo pastatų. Kiekvienas statinys, kuris nėra eksploatuojamas, pažeidžia pastato paskirties pagrindinį tikslą – būti naudojamam.

Neužbaigtų pastatų sutvarkymas yra būtinas, nes tokio tipo pastatai daro didelę įtaką vizualinei viešųjų miesto erdvių taršai, kelia pavojų aplinkiniams gyventojams ir pažeidžia darnios plėtos principus. Iš kitos pusės privatiems investuotojams ir valstybinėms institucijoms yra būtina žinoti, kurie miesto statybos projektai turi didžiausią potencialą.

2013 metų viduryje Vilniaus miesto savivaldybės sudarytame neprižiūrimų, nenaudojamų arba naudojamų ne pagal paskirtį pastatų miesto ribose sąraše buvo 95 pastatai. Atsigaunant statybos šakos situacijai šalyje valstybinių institucijų prioritetas tapo didinti miesto erdvių potencialą nesiplečiant į priemiesčius, o investuotojų pozicija – išnaudoti neužimtas miesto erdves kuriant patrauklius administracinės, viešųjų erdvių ir gyvenamosios statybos projektus. Nemažą dalį

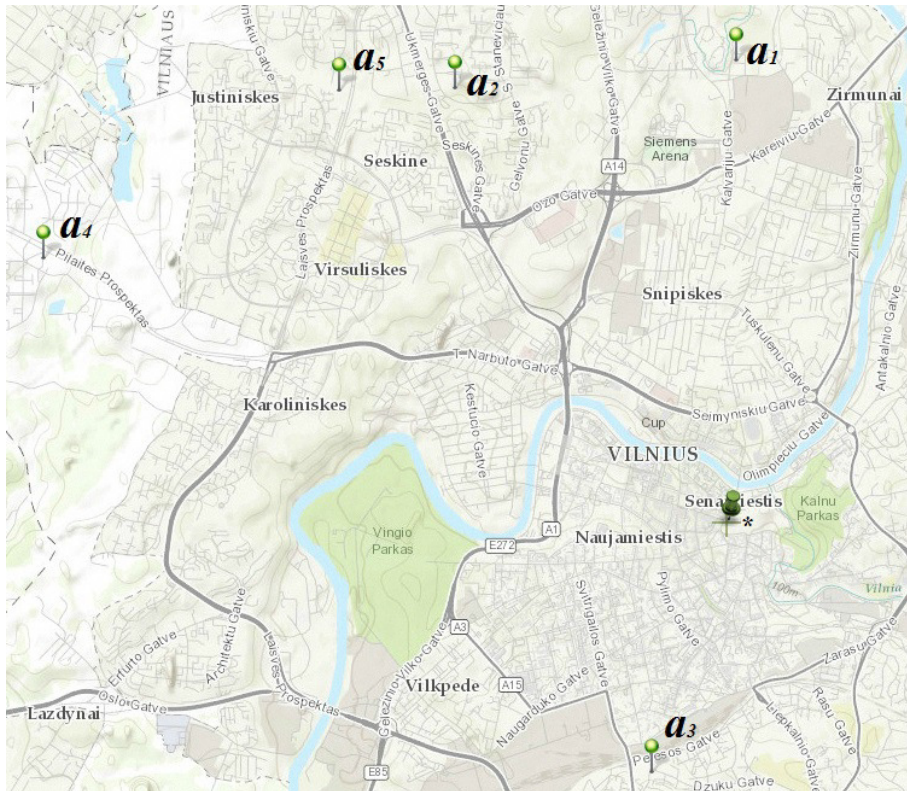
vertingos erdvės užima seni, apleisti pastatai pačioje miesto širdyje. Vilniuje tarp gyvenamųjų rajonų išlikę nemažai apgriuvusių, nebenaudojamų buvusių gamyklų pastatų, apleistų gyvenamųjų namų ir nebenaudojamų komercinių patalpų.

Trečiojo disertacijos uždavinio tikslas – įvertinti nebaigtos gyvenamosios statybos projektus ir nustatyti racionalius variantus, kurie (iki galo atlikus statybos darbus) būtų paklausūs dabartinėje nekilnojamojo turto rinkoje.

Visuose pasaulio miestuose galima nesudėtingai įvertinti, kiek yra nebaigtų statybos projektų. Ne išimtis ir Vilniaus miestas. Atlikus fizinę vizualinę miesto apžiūrą buvo atrinkti penki didžiausi neužbaigti pastatų projektai, kurių išsidėstymas miesto teritorijoje yra pateikiamas 3.3 paveiksle. Nagrinėjamų projektų alternatyvų fotonuotraukos pateikiamos 3.4–3.8 paveiksluose. Bendruoju atveju nagrinėjamų neužbaigtų alternatyvų skaičius priklauso nuo galimybių surinkti informaciją apie neužbaigtus statinius ir galimybės disponuoti šia informacija dėl visuomeninio saugumo tikslų. Šiuo konkrečiu atveju, disertacijos autorius atrinko penkis didžiausius Lietuvos sostinėje esančius neužbaigtus statybos projektus, kuriuos užbaigus, miestui būtų suteikiama didžiausia ekonominė ir socialinė pridėtinė vertė. Skaičiuotinės statybos vertės bei kiti duomenys buvo įvertinti paties autoriaus atliekant fizinę objektų apžiūrą, matavimų bei skaičiavimų atlikimą ir duomenų įvertinimą, bei nuotraukų padarymas.

Kiekvieno pasaulio miesto aplinka sąveikauja su daugeliu suinteresuotų grupių atstovais. Ne išimtis ir Vilniaus miestas. Šio miesto sąveikos aplinka yra glaudžiai susijusi su valstybinėmis institucijomis, verslą vykdančiais juridiniais subjektais, religinėmis bendruomenėmis, investuotojais, gyventojais, ši miestą lankančiais užsienio turistais. Tarpusavyje glaudžiai sąveikauja gamta ir civilizacija, kurios sąveika turi būti palaikoma užtikrinant abiejų pusių interesus. Šio uždavinio sprendimui, t. y. kompleksiškam statybos projekto realizavimui yra pasirenkami vertinimo rodikliai, kurie yra pateikiami 3.11 lentelėje.

Parenkant uždavinyje nagrinėjamas nebaigtų statybos projektų alternatyvas buvo atrinktos 5 alternatyvos, kurių tam tikra statybos projekto dalis buvo realizuota. Alternatyvas vertinant rodikliu x_1 yra įvertinamos kito statybos rangovo investicijos į statybos projektą. Buvusiojo statybos rangovo investicijos į statybos projektą gali būti vertinamos dvejopai, kai investicinį projektą parduoda juridinis asmuo, šiuo metu turintis sunkumų, arba už atitinkamą vertę siekiantis likviduoti turimą turtą bankroto administratorius, kuris yra atsakingas už bankrutavusio statybos rinkos dalyvio turto likvidumą.



3.3 pav. Alternatyvų pasiskirstymas Vilniaus mieste (*miesto centras)
(sudaryta autoriaus)

Fig. 3.3. The location of alternatives in Vilnius (*the city centre) (author created)



3.4 pav. Alternatyva a_1 Trinapolio g.

Fig. 3.4. Alternative a_1 at the Trinapolio str.



3.5 pav. Alternatyva a_2 Fabijoniškių g.
Fig. 3.5. Alternative a_2 at the Fabijoniškių str.



3.6 pav. Alternatyva a_3 Pelėšos g.
Fig. 3.6. Alternative a_3 at the Pelėšos str.



3.7 pav. Alternatyva a_4 Pilaitės prospekte
Fig. 3.7. Alternative a_4 at the Pelėšos avenue



3.8 pav. Alternatyva a_5 Laisvės prospekte
Fig. 3.8. Alternative a_5 at the Laisvės avenue

3.11 lentelė. Nebaigtų pastatų alternatyvų rodikliai

Table 3.11. The indicators of abandoned buildings alternatives

Rodiklis	Rodiklio darnos grupavimas	Rodiklio pavadinimas
x_1	Ekonominis	Finansinių investicijų poreikis esamoms pastato konstrukcijoms įsigyti, mln. EUR.;
x_2	Ekonominis	Finansinių investicijų poreikis pastato užbaigimui, mln. EUR.;
x_3	Ekonominis	Pastato 1 m^2 ploto kaina miesto mikrorajone, EUR.;
x_4	Ekonominis	1 m^2 ploto nuomos rinkos kaina mėn. miesto mikrorajone, EUR.;
x_5	Socialinis	Atvykimo laikas viešuoju transportu nuo miesto centro piko metu, h;
x_6	Ekonominis	Nuomojamų butų skaičius mikrorajone, vnt.
x_7	Aplinkosauginis	Pastato užstatymo plotas, m^2 ;
x_8	Ekonominis	Įsigyjamo žemės sklypo rinkos vertė, mln. EUR.;
x_9	Socialinis	Gyventojų transporto priemonių parkavimo įvertinimas, balai;
x_{10}	Ekonominis	Parduodamų butų skaičius esamame miesto mikrorajono apylinkėse, vnt.

Taip pat dvejopai gali būti vertinama ir šio rodiklio mentalinė nauda: kuo mažesnės investicijos, tuo didesnės galimybės parinkti tinkamas technologijas, užtikrinti esamų konstrukcijų įrengimo kokybę, koreguoti tūrinius ir planinius sprendimus; didėjančios investicijos leidžia laikytis nuostatos, kad yra įrengtos konstrukcijos, kurios leistų kuo greičiau realizuoti projektą. Šio uždavinio atveju pasirenkama racionali, darnios statybos požiūriu pagrįsta kryptis – orientuoja-

masi į kuo mažesnes investicijas, siekiant racionaliai peržiūrėti projekto sprendinius, pritaikant šiuolaikines technologijas ir vartotojų poreikius.

Alternatyvų vertinimo rodiklis x_2 yra naudojamas elementarių skaičiuotinių statybos kainų įvertinimui, t. y. būtinumui nustatyti, kiek šis statybos projektas dar reikalauja finansinių investicijų. Vertinant statybos skaičiavimus, buvo laikomasi nuostatos, kad visi pastatai bus panaudojami gyvenamajai statybai, įrengiami su pilna apdaila, centriniais ir individualiais santechnikos mazgais, baldais ir pan. – visa reikiama aplinka, kuri būtų tinkama gyventojų įsikūrimui.

Alternatyvų vertinimo rodikliai x_3 , x_4 , x_6 ir x_{10} yra siejami su galimybe įvertinti esamos nekilnojamojo turto rinkos santykį su ketinamu realizuoti statybos projektu. Šie rodikliai buvo atrinkti įvertinant esamo ir gretimų miesto mikrorajonų nekilnojamojo turto rinkos padėtį. Šiais rodikliais siekiama įvertinti, ar užbaigtas statybos produktas bus patrauklus tiek nekilnojamojo turto pardavimo, tiek nuomos rinkoje. Akivaizdu, kad kuo patrauklesnis produktas vartotojams, tuo efektyvesnis šio statybos projekto atsipirkimas ir naudos pasiekimas.

Autorius atliko tyrimą, kurio metu viešuoju miesto transportu (autobusais ir troleibusais) buvo pasiekiamos nagrinėjamos alternatyvos. Kelionių laikas (x_5) buvo vertinamas daugumos gyventojų darbo laiku laiku, t. y. 7.30–8.00 val. ir 16.45–17.30 val. kai daugelis Lietuvos žmonių keliauja į darbo vietą ar mokymo įstaigą ir atgal į namus. Kelionių atskaitos taškas buvo pasirinktas nuo esamo statybos objekto iki miesto senamiesčio centro.

Alternatyvų vertinimo rodikliais x_7 ir x_8 nustatoma, kokį žemės plotą užima pastatas ir kokia statiniui priskiriamo sklypo finansinė vertė. Atsižvelgiant į darnios statybos principus, žaliosios miesto teritorijos turėtų vyrauti miesto sudėtyje, tad šiuo atveju, uždavinio sprendimo metu yra siekiama, kad pastato užstatymo plotas ir bendros investicijos į pastato sklypą būtų kuo mažesnis.

Vilniaus mieste, kaip ir kituose tankiai apgyvendintuose bei urbanizuotuose miestuose susiduriama su transporto priemonių parkavimo problemomis šalia gyvenamųjų pastatų. Šios problemos susidarymą įtakoja keletas veiksnių: apleisti, kiemuose palikti automobiliai, gyventojų ekonominės situacijos gerėjimas ar šeimos sudėties gausėjimas, gyventojų poreikis daugiau nei vienas automobilis šeimoje. Rodikliu x_9 skiriant statybos objekto aplinkai balus yra įvertinama, kokios galimybės bus ateityje siekiant parkuoti asmeninę transporto priemonę šalia gyvenamosios vietos. Vertinat šį rodiklį buvo atsižvelgiama į tokius dalykus, kaip pastato aplinka, aplinkos intensyvumas, kitų pastatų paskirtis, plėtos galimybės ir pan.

Kiekviena iš 5 pasirinktų neužbaigtų statinių alternatyvų buvo įvertinta pagal užsibrėžtus rodiklius ir nustatyti kiekvieno rodiklio parametrai, kurie yra pateikiami 3.12 lentelė.

3.12 lentelė. Nebaigtos statybos pastatų alternatyvas apibūdinantys rodikliai**Table 3.12.** Indicators describing the alternatives of abandoned buildings

Rodikliai	Alternatyvos				
	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5
x_1	1,611	1,278	0,763	1,343	1,175
x_2	12,843	10,071	5,318	10,645	9,505
x_3	1606	1261	1216	1332	1335
x_4	7,70	7,30	5,30	4,90	5,80
x_5	0,63	0,68	0,20	0,78	0,58
x_6	9	7	2	4	8
x_7	1768	980	1842	1008	1615
x_8	0,686	0,378	0,140	0,460	1,050
x_9	5	9	4	10	8
x_{10}	157	96	114	153	157

Šios 5-ių nebaigtų įgyvendinti statybos projektų alternatyvos yra nusakomos skirtingais rodiklių dydžiais, todėl svarbu kompleksiskai įvertinti ir priimti sprendimą, kuri iš šių alternatyvų tiksliausiai atspindėtų projekto vystytojo poziciją siekiant pabaigti ir efektyviai panaudoti ketinamą vystyti projektą.

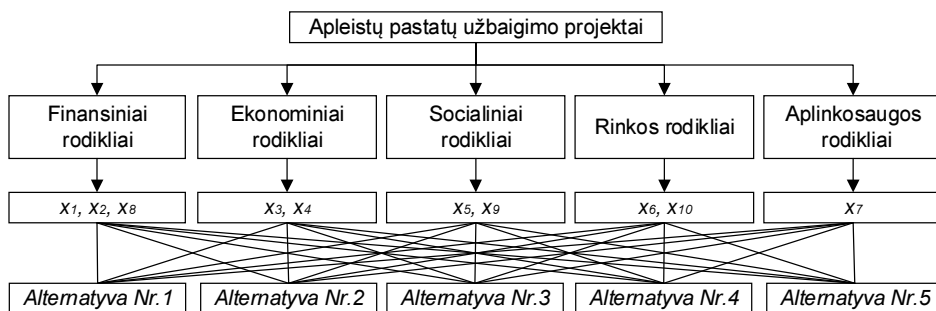
Pasirenkant daugiatikslisius metodus iš mokslinėje literatūroje plačiai žinomų tokio tipo uždaviniams spręsti skirtų metodų yra parenkami metodai, kurie leistų uždavinio duomenis įvertinti atkreipiant dėmesį į suinteresuotų asmenų grupių nuomonę bei kitu atveju – išvengiant reikšmingumų subjektyvumo.

Pirmuoju atveju, kai uždavinio sprendimui yra vertinamas žmogiškosios nuomonės faktorius yra naudojamas AHP ir ARAS metodų derinys. Antruoju atveju, yra išvengiamas subjektyvumas, nes MOORA ir MULTIMOORA metodo skaičiavimo metu nereikia įvertinti rodiklių reikšmingumo koeficientų. Šių dviejų metodų taikymas suteikia galimybę sprendimo priėmėjui palyginti šiais metodais gaunamus rezultatus ir priimti tinkamiausią sprendimą.

Sprendžiant šį uždavinį pirmuoju atveju būtina AHP metodu nustatyti kiekybinius rodiklių reikšmingumus, kurie bus panaudojami ARAS metodo skaičiavimuose. Reikšmingumų nustatymą AHP metodu galėtume apibūdinti struktūrine hierarchija (3.9 pav.).

Vadovaujantis 2.4 skyriuje aprašyta AHP skaičiavimo metodika, yra atliekami rodiklių reikšmingumų nustatymo algoritmai.

Sudaroma ekspertų apklausos porinio lyginimo matrica (3.13 lentelė).



3.9 pav. Uždavinio struktūrinė hierarchija
Fig. 3.9. Structural hierarchy of the exercise

Siekiant įvertinti įvairių suinteresuotų grupių interesus, buvo apklausti mokslo (2 asm.), verslo subjektų (2 asm.), miesto gyventojų (2 asm.), statybos srities atstovų (4 ekspertai). Apklaustų asmenų skaičius 10 ekspertų. Asmenims, kurie nebuvo susidūrę su AHP metodo skaičiavimo metodika, buvo paaiškinti duomenų įvedimo principai ir rodiklių vertinimo metodika.

3.13 lentelė. Nebaigtų statyti pastatų rodiklių Porinio lyginimo rezultatai

Table 3.13. Pairwise comparison matrix of abandoned buildings assessment criteria

	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}
x_1	1	1	3	5	4	5	4	3	4	5
x_2	1	1	3	4	5	4	5	3	4	6
x_3	1/3	1/3	1	2	4	3	3	1	3	2
x_4	1/5	1/4	1/2	1	4	3	4	2	4	1
x_5	1/4	1/5	1/4	1/4	1	2	3	1/4	2	1
x_6	1/5	1/4	1/3	1/3	1/2	1	3	1/8	2	2
x_7	1/4	1/5	1/3	1/4	1/3	1/3	1	1/4	3	2
x_8	1/3	1/3	1	1/2	4	8	4	1	5	4
x_9	1/4	1/4	1/3	1/4	1/2	1/2	1/3	1/5	1	2
x_{10}	1/5	1/6	1/2	1	1	1/2	1/2	1/4	1/2	1

Atliekamas 5 žingsnių AHP rodiklių reikšmingumų apskaičiavimo algoritmas (3.14 lentelė) bei B priedo B2 lentelėje yra įvertinamas AHP metodu nustatytų reikšmingumų ekspertų nuomonių tarpusavio suderinamumas.

3.15 lentelėje yra atliekamas ARAS metodo skaičiavimo algoritmas.

3.14 lentelė. Nebaigtų statyti pastatų rodiklių AHP metodo skaičiavimo algoritmas

Table 3.14. Calculation of AHP method algorithm of abandoned buildings assessment criteria

Skaičiavimų žingsnis	Rodikliai									
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}
I žingsnis	ω''_1	ω''_2	ω''_3	ω''_4	ω''_5	ω''_6	ω''_7	ω''_8	ω''_9	ω''_{10}
Visų ekspertų a_{ij} elementų sandauga:	$\omega_i'' = \prod_{j=1}^{10} a_{ij}$									
Kiekvienos eilės sandauga:	72,000	86,400	48,00	9,60	0,0094	0,0042	0,0007	142,22	0,0002	0,0005
II žingsnis	ω'_1	ω'_2	ω'_3	ω'_4	ω'_5	ω'_6	ω'_7	ω'_8	ω'_9	ω'_{10}
ω_i'' elementų šaknies skaičiavimas, (n = 10)	$\omega'_i = \sqrt[n]{\omega_i''} = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^{10} a_{ij}}$									
Susumuotų a_{ij} elementų 10-o laipsnio šaknis	3,060	3,116	1,473	1,254	0,627	0,578	0,483	1,642	0,421	0,470
III žingsnis	ω_1	ω_2	ω_3	ω_4	ω_5	ω_6	ω_7	ω_8	ω_9	ω_{10}
Kiekvieno ω'_i elemento normalizavimas	$\omega_i = \frac{\sqrt[n]{\prod_{j=1}^{10} a_{ij}}}{\sum_{i=1}^{10} \sqrt[n]{\prod_{j=1}^{10} a_{ij}}}$									
Nustatomi rodiklių reikšmingumai ω_i	0,233	0,237	0,112	0,096	0,048	0,044	0,037	0,125	0,032	0,036

3.15 lentelė. Transformuota pirminė matrica su rodiklių reikšmingumais
Table 3.15. The changed decision making matrix with criteria weights

Rodikliai	Rodiklių reikšmingumai ir kryptingumas		Alternatyvos					
			a_0	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5
x_1	$\omega_1=0,233$	min	$\frac{1}{0,76}$	$\frac{1}{1,61}$	$\frac{1}{1,28}$	$\frac{1}{0,76}$	$\frac{1}{1,34}$	$\frac{1}{1,18}$
x_2	$\omega_2=0,237$	min	$\frac{1}{5,32}$	$\frac{1}{12,84}$	$\frac{1}{10,07}$	$\frac{1}{5,32}$	$\frac{1}{10,65}$	$\frac{1}{9,50}$
x_3	$\omega_3=0,112$	max	1,61	1,61	1,26	1,22	1,33	1,34
x_4	$\omega_4=0,096$	max	7,70	7,70	7,30	5,30	4,90	5,80
x_5	$\omega_5=0,048$	min	$\frac{1}{0,2}$	$\frac{1}{0,63}$	$\frac{1}{0,68}$	$\frac{1}{0,20}$	$\frac{1}{0,78}$	$\frac{1}{0,58}$
x_6	$\omega_6=0,044$	min	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$
x_7	$\omega_7=0,037$	min	$\frac{1}{1008}$	$\frac{1}{1768}$	$\frac{1}{980}$	$\frac{1}{1842}$	$\frac{1}{1008}$	$\frac{1}{1615}$
x_8	$\omega_8=0,125$	min	$\frac{1}{0,14}$	$\frac{1}{0,67}$	$\frac{1}{0,38}$	$\frac{1}{0,14}$	$\frac{1}{0,46}$	$\frac{1}{1,05}$
x_9	$\omega_9=0,032$	max	10	5	9	4	10	8
x_{10}	$\omega_{10}=0,036$	min	$\frac{1}{96}$	$\frac{1}{157}$	$\frac{1}{96}$	$\frac{1}{114}$	$\frac{1}{153}$	$\frac{1}{157}$
Optimalumo funkcija	$\tilde{S}_i = \sum_{j=1}^{10} \left(\left(\frac{x_{ij}}{\sum_{j=1}^{10} x_{ij}} \right) \cdot \omega_{a,j} \right)$		0,247	0,120	0,144	0,226	0,133	0,130
Naudingumo laipsnis	$K_i = \frac{S_i}{S_0}$		1,000	0,485	0,585	0,918	0,540	0,526

Atlikus skaičiavimus AHP + ARAS metodu yra gauta prioritetinė eilė:

$$a_3 \succ a_2 \succ a_4 \succ a_5 \succ a_1;$$

Atliekami MOORA ir MULTIMOORA skaičiavimai (3.16 lentelė).

Apibendrinus ARAS, MOORA ir MULTIMOORA skaičiavimo metodais gautus rezultatus (3.17 lentelė) yra nustatyta, kad atsižvelgiant į dabartines nekilnojamojo turto rinkos sąlygas, investuotojams racionalu investuoti ir siekti užbaigti neužbaigtą statybos objektą, t. y. į alternatyvą a_3 .

3.17 lentelė. Nebaigtų statyti pastatų užbaigimo vertinimo galutiniai rezultatai
Table 3.17. The final results of assessment of abandoned buildings construction

	ARAS	MULTIMOORA			Dominavimo teorijos rangas	Prioritetas
		MOORA		Pilnosios sandaugos formos rangas		
		Santykių sistemos rangas	Atskaitos taško rangas			
a_1	5	5	4	5	5	5
a_2	2	2	1	2	2	2
a_3	1	1	2	1	1	1
a_4	3	3	3	3	3	3
a_5	4	4	5	4	4	4

Apskaičiuota alternatyva yra pietinėje Vilniaus miesto dalyje dviejų mikro-rajonų ribos sankirtoje. Alternatyva yra patrauklioje vietoje, t. y. miesto dalyje, iš kurios veda naujai pastatyti miesto aplinkkeliai bei arteriniai keliai, vedantys į miesto centrą. Šioje miesto dalyje yra įsikūrę tiek daugiabučiai gyvenamieji namai, tiek nedidelės pramonės vystytojai. Šioje miesto dalyje paplitusios ne tik tradicinės daugiabučių namų tendencijos, bet kuriami ir gyvenamieji loftai. Atsižvelgiant į galimus statybos projekto statybos sprendimus, ši alternatyva yra patrauklus gyvenamasis būstas vidutinės pajamos gaunantiems miesto gyventojams.

Nepatraukliausiai vertinamos alternatyvos a_1 vietos lokacija yra miegamajame naujai besikuriančiame miesto rajone. Užbaigus šį statybos projektą gali būti susidurta su naujos statybos butų realizavimo problema bei įgyvendinto projekto efektyviu nepanaudojimu pagal paskirtį.

3.5. Atliekų deginimo gamyklos statybos vietos parinkimas

Daugelyje pasaulio šalių pastarąjį dešimtmetį auganti ekonomika įtakojo statybos sektoriaus plėtrą (Lopes *et al.* 2005). Nuolatos spartėjanti plėtra lėmė didėjančią prekių ir paslaugų vartojimą, tai neišvengiamai tiesiogiai lėmė buitinių bei pramoninių atliekų kiekio augimą. Tarp pramoninio sektoriaus dalyvių statybos pramonė visame pasaulyje sukuria apie 35 % pramonės atliekų (CMRA, 2005). Technologinis ir socialinis augimas formuoja visuomenės prioritetus, kurių

pagrindinis tikslas sumažinti neatsinaujinančių išteklių ir energijos vartojimą, teršalų emisijos į orą kiekį. Skatinama saugoti požeminius vandenis ir dirvožemį (Morselli *et al.* 2008).

Sukurtų produktų atliekos tiek buityje, tiek statybos srityse savaime nepasišalina, todėl būtina sukurti sistemą ir technologijas, kaip sunaikinti, saugoti arba tinkamai panaudoti susidarancias atliekas (Pavlas, Touš 2008). Būtina suprasti, kad visos sukuriamos atliekos nėra bevertės šiukšlės. Atliekos – tai įsisavinamas energijos šaltinis, kuris yra nuolatos vartotojų sukuriamas (Tehrani *et al.* 2009).

Atliekų gyvavimo ciklas apima atliekų tvarkymo sistemas, kurios pagrįstos sprendimais, nukreiptais į neatsinaujinančių išteklių išsaugojimą (Cherubini *et al.* 2009). Atliekų gyvavimo ciklas gali būti nagrinėjamas pagal susidarantių nepavojingų atliekų panaudojimo alternatyvas: atliekų deginimą, rūšiavimą ir kaupimą sąvartynuose. Atliekų panaudojimo alternatyvos pasirinkimas nustato atliekų valdymo procesų eiliškumą ir padeda įvertinti pakartotinio atliekų panaudojimo efektyvumą ekonominiu, socialiniu ir aplinkosauginiu požiūriais (Kaufman *et al.* 2010, Christensen *et al.* 2007).

Tipiška susidarantių atliekų tvarkymo sistema yra sudaryta iš atliekų surinkimo, gabenimo, pirminio apdorojimo, perdirbimo ir galutinių likutinių medžiagų panaudojimo procesų (Dembiras 2011). Vertinant aukštą ekonomikos lygį turinčių Europos Sąjungos šalių (Grosso *et al.* 2010) ir Lietuvos technologinę pažangą atliekų deginimo srityje yra susidaręs aiškus atotrūkis, nes Lietuvoje (Klaipėdoje) tik 2011 m. II ketvirtyje pradėta statyti pirmoji atliekų deginimo gamykla, centralizuotai gaminsianti šilumos ir elektros energiją.

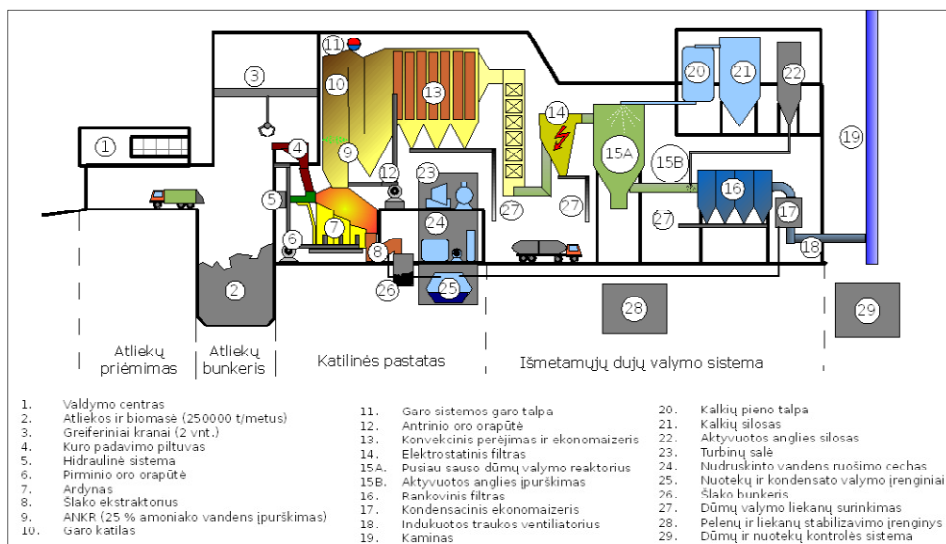
Dabartinė situacija Lietuvos statybinių ir komunalinių atliekų rinkoje tikrai nėra džiuginanti, nes regioniniai komunalinių atliekų sąvartynai yra perpildyti, nes nėra infrastruktūros, tinkančios rūšiuoti ir visapusiškai panaudoti susidarancias visų tipų nepavojingąsias atliekas. 2014 metų pabaigoje Vilniaus apskritis patyrė statybos atliekų surinkimo problemas, kada buvo perpildytas regioninis statybos atliekų sąvartynas. VAATC nuolatos patiria problemų dėl didžiulių komunalinių atliekų pristatymo kiekių į regioninę sąvartyną.

Deginimo gamyklos yra vertinamos pagal daugelį rodiklių, kurie yra grindžiami aplinkosaugos ir ekologijos reikalavimais, visuomenės požiūriu, ekonomine nauda, finansinių investicijų poreikiu bei grąža, miesto architektūrinės kultūros normomis ir technologinėmis galimybėmis įgyvendinti projektą.

Atsižvelgiant į tai, kas išdėstyta, yra formuojamas ketvirtasis disertacijos uždavinys – atliekų deginimo gamyklos statybos vietos parinkimas, atsižvelgiant į suinteresuotų asmenų grupių poreikius bei darnios plėtros principus.

Poveikio aplinkai vertinimo studijoje (2010) buvo nutarta, kad, nepriklausomai nuo pasirinktos vietos, šiuo metu priimtinausia atliekų deginimo ant ardyno (grotelių) technologija bei kogeneracinis ciklas, kuris yra vienas efektyviausių komunalinių atliekų deginimo ir panaudojimo energijai gauti būdų.

Principinė atliekų deginimo gamyklos technologinė schema pateikiama 3.10 paveiksle. Tokio tipo atliekų deginimo gamykla per metus sudegintų 250 tūkst. t. išrūšiuotų ir nebepanaudojamų atliekų. Toks atliekų kiekis leistų pagaminti 500 GWh/m (14 % Vilniaus miesto suvartojamos šilumos energijos kiekio) šilumos energijos ir 130 GWh/m elektros energijos, kuri būtų perduodama į paskirstymo tinklus.



3.10 pav. Principinė atliekų deginimo gamyklos schema (PAVS 2010)

Fig. 3.10. The principal scheme of incineration plant (PAVS 2010)

Siekiant nustatyti tinkamą atliekų deginimo gamyklos vietą reikia įvertinti visų suinteresuotų grupių reikalavimus ir surasti alternatyvų sprendimą. Todėl šis uždavinys yra sprendžiamas vertinant inžinerinius (VAATC 2010), socialinius ir ekonominius ir aplinkosauginius rodiklius (3.18 lentelė).

Inžineriniai rodikliai apima dalį būtinų investicijų projekto vystymui. Be inžinerinių komunikacijų yra neįmanoma eksploatuoti gyvenamųjų, biurų, gamybos, viešojo sektoriaus pastatų. Nagrinėjant gamybinius statinius, šiuo požiūriu šilumos bei elektros gamybą, pagamintą energiją būtina nukreipti į perdavimo tinklus, kad energija pasiektų galutinį vartotoją. Tam yra reikalingi šilumos perdavimo vamzdžiai ir elektros linijos.

3.18 lentelė. Atliekų deginimo vietų alternatyvas apibūdinantys rodikliai**Table 3.18.** The criteria of waste incineration plant site alternatives

Inžineriniai rodikliai:			
x_1	x_{1-1}	Atstumas iki centralizuotų šilumos tinklų trasos, km;	$\sum x_i$
	x_{1-2}	Atstumas iki didelio slėgio (12bar) dujotiekio, km;	
	x_{1-3}	Atstumas iki 110 kW elektros tinklų, km;	
	x_{1-4}	Atstumas iki vandentiekio tinklų, km;	
	x_{1-5}	Atstumas iki ūkinių – buitinių nuotekų tinklų, km;	
	x_{1-6}	Atstumas iki lietaus nuotekų tinklų, km;	
x_2	Atstumas iki atliekų rūšiavimo bazių komplekso, km.		
x_3	Įrenginių įrengimo objekte skaičius, vnt (VAATC, 2010);		
Aplinkosaugos rodikliai:			
x_4	Atstumas iki Vilniaus miesto centro, km;		
x_5	Poveikis orui, balai (VAATC, 2010);		
x_6	Triukšmingumas, balai (VAATC, 2010);		
x_7	Poveikis žemės gelmėms (gruntui) ir požeminiam vandeniui avarijos atveju, (VAATC, 2010) balai.		
Socialiniai rodikliai:			
x_8	Gyventojų pasitenkinimo lygis dėl vietos pasirinkimo, balais;		
x_9	Teritorijos, kurioje nagrinėjama alternatyva, gyventojų skaičiaus vidurkis 1 km ² ;		
Ekonominiai rodikliai:			
x_{10}	Numatomos projekto įgyvendinimo vietos esantiems gyventojams tenkantis naudingas gyvenamojo būsto plotas, m ² .		
* Skiriamų balų vertinimai: 0 – blogiausiai, 10 geriausiai.			

Deginimo proceso paleidimui arba palaikymui yra būtinas iškastinis kuras (gamtinės dujos) arba elektros energija (Fruergaard *et al.* 2010). Projektuojant vandentiekio sistemas, lygiagrečiai turi būti projektuojamos panaudoto vandens šalinimo sistemos. Susidarantys krituliai negali būti nukreipiami į miesto kanalizacijos tinklą, nes lietaus vanduo susimaišytų su susidarančiomis nuotekomis, o visas mišinys apsunkintų miesto valymo įrenginių darbą.

Atstumas nuo atliekų rūšiavimo bazės iki atliekų deginimo gamyklos lemia logistikos problemų sprendimus. Akivaizdu, kad rūšiavimo bazė turi būti išsidėsčiusi atokiau nuo tankiai apgyvendintų teritorijų, nes atliekų rūšiavimo technologija apima atliekų sandėliavimą, o tai dažniausiai vyksta atviro tipo sandėliuose, kurie veikiami aplinkos poveikio sukuria nemalonius aplinkinių teritorijų kvapus. Žinoma, atviro tipo atliekų sandėliavimas įtakoja vizualinį apgyvendintų teritorijų užterštumą. Rūšiavimo bazių išsidėstymas šiuo metu yra šalia 1-osios ir 4-osios alternatyvos buvimo vietų.

Įrangos įrengimo objekte skaičius apibūdina galimybę konkrečioje alternatyvos vietoje įrengti planuojamus atliekų tvarkymo/deginimo įrenginius, t. y.

atliekų deginimo įrenginį ir/ar atliekų rūšiavimo įrenginį ir/ar bioskaidžių atliekų apdorojimo įrenginį, kurie atitinkamai technologiškai reikalauja 2,5 ha, 2,0 ha ir 1,0 ha teritorijos.

Aplinkosaugos rodikliai apibūdina deginimo gamyklos poziciją miesto plėtra ir poveikį aplinkai. Atstumas iki miesto centro įvertina deginimo gamyklos buvimo vietą kartu nagrinėjant galimą poveikį miesto architektūrai, nes dažniausiai miesto centre ir aplinkiniuose kvartaluose yra susiformavęs kultūrinis architektūros stilius. Derėtų tokio tipo statinius nukreipti nuo kultūrinės miesto architektūros ir dislokuoti juos atokiau nuo gyventojų gyvenamosios aplinkos. Visa tai nulemia energijos gamybos technologija, kuri gali sukelti nepatogumų netoliese įsikūrusiems gyventojams keliamu triukšmu, kvapais, ar estetiniu vaizdu.

Poveikis orui, gruntui ir triukšmingumas nusako atliekų deginimo gamyklos poveikį supančiai aplinkai. Poveikis orui ir gruntui egzistuoja dėl pačių atliekų sandėliavimo ir šalutinių produktų išsiskyrimo savaime bei deginimo metu, o triukšmingumas, t. y. padidėjęs transporto judėjimas gamyklos link. Transporto padidėjimą lemia tai, kad atliekos bus pristatomos iš visos Vilniaus apskrities.

Socialinis rodiklis – gyventojų pasitenkinimo lygis ir gyventojų vidurkio 1 km² įvertinimas teritorijoje, kurioje yra planuojama vykdyti deginimo gamyklos projektą, nagrinėja, koks skaičius gyventojų bus įsikūrę šalia energijos gamybos įmonės. Tinkamai įgyvendinus technologinius sprendimus deginimo gamyklos statybos procese aplinkiniai gyventojai nepajus jokių žalingų veiksmų ar nemalonaus kvapo eksploatuojant gamyklą, tačiau socialinis visuomenės nusistatymas gali užkirsti kelią projekto realizavimui. Vertinant projektą visuomenės poreikių požiūriu, pastebėtina, kad projekto įgyvendinimo vieta turi būti pasirenkama teritorijoje, kurioje yra mažiausias gyventojų tankumas. Vertinant projektą valstybiniu arba privataus investuotojo lygiu, racionalu energijos gamyklą statyti tankiai gyvenamose zonose, kad būtų užtikrinamas energijos poreikis.

Ekonominis rodiklis, gyventojams tenkantis naudingas gyvenamojo būsto plotas nagrinėjamoje teritorijoje nusako, kiek pastatų ploto bus aprūpinama iš būsimos energijos gamybos objekto. Šis rodiklis yra naudingas tiek socialiniu, tiek gamyklos projektavimo požiūriu: įvertinus esamą būstų naudingą plotą galima projektuoti gamyklos pajėgumus, kurių reikia aprūpinti visus pasiekiamus vartotojus.

Atsižvelgiant į vertinamus rodiklius, atliekų deginimo gamyklų vietų alternatyvoms įvedamos (apskaičiuojamos bei įvertinamos) skaičiuotinės reikšmės (3.19 lentelė).

Sprendžiant šį disertacijos uždavinį Vilniaus mieste yra pasirenkamos 7 alternatyvos, kurių išsidėstymas miesto kontekste parodytas 3.11 paveiksle. Alternatyvos pasirenkamos remiantis projekto „Vilniaus apskrities komunalinių atliekų tvarkymo infrastruktūros plėtra“ galimybių studijos duomenimis:

a_1 – Jačionių g. 13, šiaurinėje termofikacinės elektrinės teritorijoje;

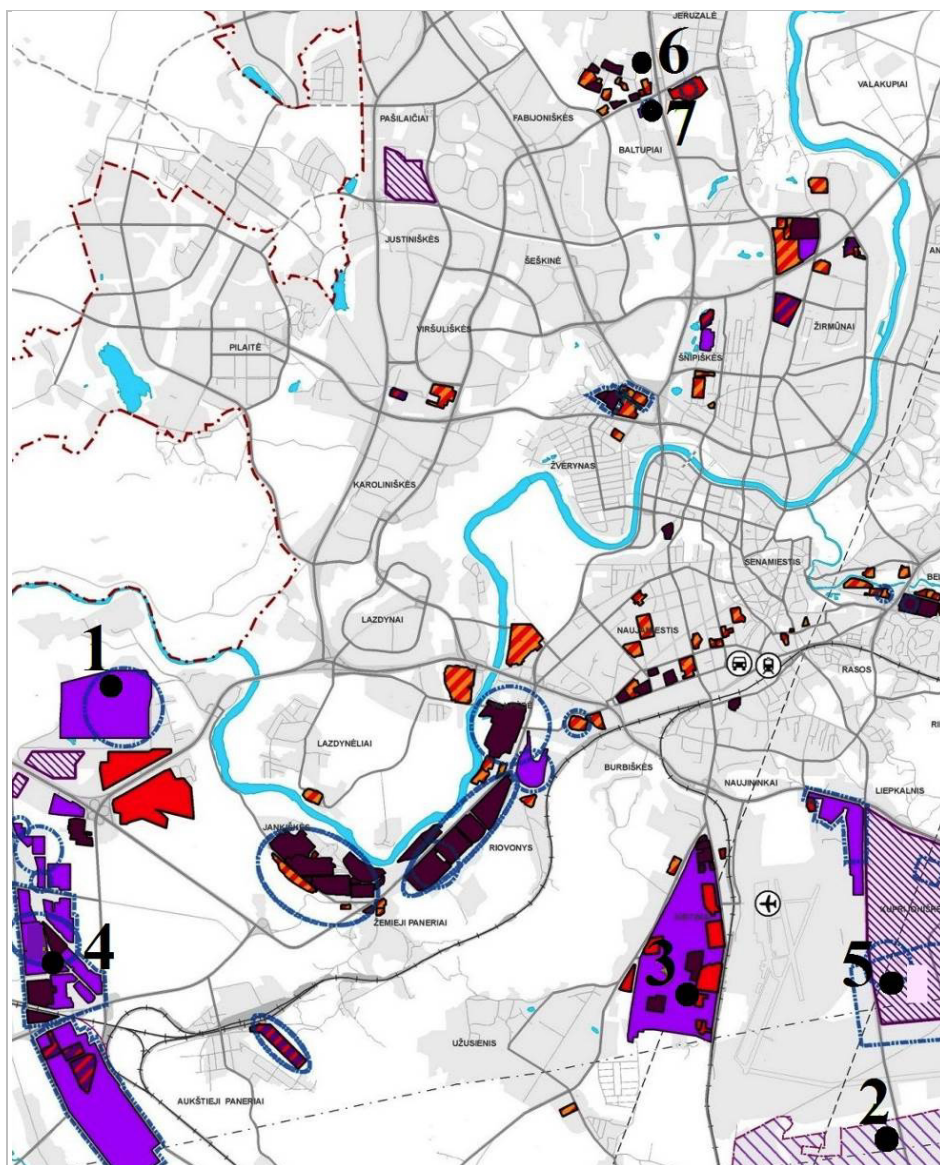
- a_2 – pramonės plėtos teritorija (už Kirtimų ir oro uosto);
 a_3 – Kirtimų pramonės rajone, prie Metalų ir Meistrų g.;
 a_4 – Panerių pramonės rajone;
 a_5 – pramonės plėtos teritorijoje (Kuprijoniškių pietvakarinė dalis);
 a_6 – teritorijoje tarp Visorių g. ir Visorių sodų 22–23 g.;
 a_7 – teritorija šalia 8-os rajoninės katilinės.

3.19 lentelė. Atliekų deginimo galymlos vietų alternatyvas nusakantys parametrai
Table 3.19. The indicators of waste incineration plant site alternatives

Rodiklis	Kryptingumas	Alternatyvos						
		a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7
x_1	min	1,50	3,50	0,80	4,80	5,50	0,60	0,30
		0,60	1,20	0,50	1,20	1,00	0,70	0,40
		2,50	4,50	3,00	1,60	1,60	2,00	2,00
		1,37	0,50	0,10	2,00	0,30	0,60	0,60
		1,25	0,50	0,10	0,50	0,50	0,60	0,50
		1,31	1,00	2,90	1,50	0,50	0,50	0,50
	$\sum x_1$	8,53	11,20	7,40	11,60	9,40	5,00	4,30
x_2	min	1,5	14,5	13,5	6,2	13,1	15	14,5
x_3	max	3	3	1	1	3	2	1
x_4	max	9,26	8,64	6,44	11,19	5,9	6,09	5,72
x_5	max	4	5	5	8	5	2	2
x_6	max	6	6	5	8	5	3	2
x_7	max	8	6	6	4	6	4	4
x_8	max	10	9	6	10	8	2	1
x_9	min	3188,6	497,5	2484	2676,5	3291	6490	5946,7
x_{10}	max	55269	9327	50798	56206	66807	132136	123314

Šio uždavinio sprendimui yra parenkami dviejų daugiatikslių metodų deriniai, t. y. AHP + ARAS-F bei AHP + COPRAS.

Pirmiausia nustatomi AHP rodiklių reikšmingumai. Siekiant įvertinti suinteresuotų grupių nuomonę dėl atliekų deginimo gamyklos statybos vietos buvo atlikta gyventojų (5 asm.), potencialių investuotojų (2 asm.), aplinkos apsaugos specialistų (3 asm.), architektų (2 asm.) ir statybos rangovų atstovų (3 asm.) apklausa. Viso buvo apklausti 5 suinteresuotų grupių atstovai. Šie atstovai įvertino suformuotus rodiklius (3.18 lentelė) vadovaujantis Saaty (Saaty 1980) skale.



3.11 pav. Alternatyvų pasiskirstymas Vilniaus mieste (The general plan 2010)

Fig. 3.11. Distribution of alternatives in Vilnius city (The general plan 2010)

3.20 lentelėje yra pateikiamas pavyzdinis statybos darbų atstovų sudarytas porinis rodiklių lyginimas. Visų 15 ekspertų skirti įvertinimai yra įtraukiami į AHP metodo skaičiavimus. Šių skaičiavimų galutiniai rezultatai leidžia nustatyti

ti, kokius rodiklių reikšmingumus taikyti parenkant geriausią alternatyvą ARAS-F ir CORPAS. Siekiant išvengti skaičiavimų paklaidos, skaičiavimuose ARAS-F bus naudojamos rodiklių reikšmingumo minimumo, medianos ir maksimumo reikšmingumai, o COPRAS metodas bus įvertintas naudojant vidutinės reikšmingumų reikšmes.

3.20 lentelė. Alternatyvų rodiklių porinio lyginimo rezultatai

Table 3.20. Pairwise comparison matrix of alternatives indicators

	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}
x_1	1	3	1/2	3	1/3	1	1/3	1/2	3	2
x_2	1/3	1	1/3	3	1/3	2	1/3	1	3	3
x_3	2	3	1	5	1/3	1	1/3	1	3	2
x_4	1/3	1/3	1/5	1	1/3	1/2	1/3	1/4	1/3	1/4
x_5	3	3	3	3	1	3	1	3	3	3
x_6	1	1/2	1	2	1/3	1	1/3	1	3	3
x_7	3	3	3	3	1	3	1	3	3	3
x_8	2	1	1	4	1/3	1	1/3	1	3	3
x_9	1/3	1/3	1/3	3	1/3	1/3	1/3	1/3	1	2
x_{10}	1/2	1/3	1/2	4	1/3	1/3	1/3	1/3	1/2	1

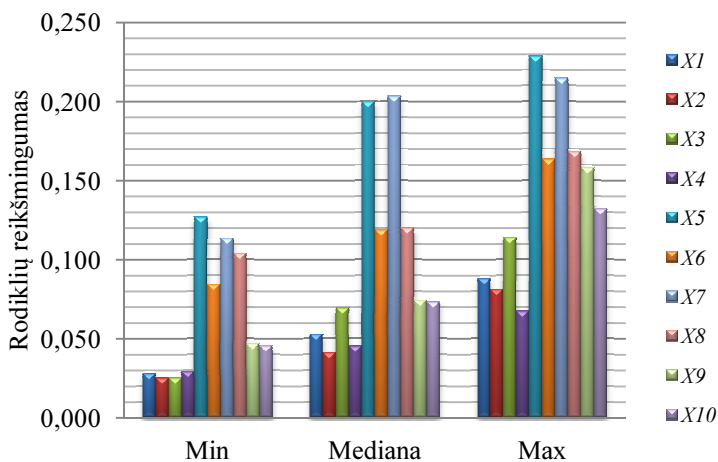
Vadovaujantis 2.4 skyriuje apibūdintu AHP metodo sprendimo algoritmu yra atliekami atliekų deginimo gamyklos vietų alternatyvas apibūdinančių rodiklių reikšmingumų nustatymas. 3.21 lentelėje yra pateikiami AHP metodų reikšmingumų nustatymo rezultatai bei B priedo B3 lentelėje pateikiamas ekspertų nuomonių tarpusavio suderinamumo įvertinimas.

Apskaičiavus AHP reikšmingumus vizualus ekspertų nuomonių pasiskirstymas išreiškiamas grafiku (3.12 pav.).

Atrinktų 7-ių alternatyvų rodikliams priskyrus skaičiuotines reikšmes (3.19 lentelė) yra atliekami ARAS-F skaičiavimai pateikti C priedo C1 bei 3.22 lentelėse.

3.21 lentelė. Atliekų deginimo gamyklos vietos rodiklių vertinimas AHP metodu**Table 3.21.** AHP method algorithm of evaluation of waste incineration plant site criteria

Sprendimo žingsniai	Ekspertų grupė	Rodikliai									
		x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}
I žingsnis		ω''_1	ω''_2	ω''_3	ω''_4	ω''_5	ω''_6	ω''_7	ω''_8	ω''_9	ω''_{10}
Visų ekspertų a_{ij} elementų sandauga:		$\omega''_i = \prod_{j=1}^{10} a_{ij}$									
	1	5,9E-05	2,1E-05	2,1E-05	0,005	9375,00	2812,50	28125,00	3750,00	3,00	0,93
	2	0,01	0,001	0,67	0,001	27,00	3,00	9,00	54,00	243,00	40,50
Kiekvienos eilės sandauga:	3	0,01	0,001	0,01	0,003	30375,00	81,00	16200,00	48,00	0,25	0,01
	4	0,001	0,001	0,11	0,08	4374,00	24,00	4374,00	16,67	0,22	0,20
	5	1,50	0,67	20,00	2,6E-05	6561,00	1,00	6561,00	8,00	0,003	0,002
II žingsnis		ω'_1	ω'_2	ω'_3	ω'_4	ω'_5	ω'_6	ω'_7	ω'_7	ω'_7	ω'_7
ω'_i elementų šaknies skaičiavimas (n = 10)		$\omega'_i = \sqrt[10]{\omega''_i} = \sqrt[10]{\prod_{j=1}^{10} a_{ij}}$									
	1	0,378	0,341	0,341	0,586	2,496	2,213	2,786	2,277	1,116	0,992
Susumuotų a_{ij} elementų 10-ojo laipsnio šaknis	2	0,601	0,483	0,960	0,497	1,390	1,116	1,246	1,490	1,732	1,448
	3	0,649	0,472	0,608	0,565	2,807	1,552	2,636	1,473	0,871	0,644
	4	0,469	0,478	0,803	0,780	2,313	1,374	2,313	1,325	0,860	0,851
	5	1,041	0,960	1,349	0,348	2,408	1,000	2,408	1,231	0,554	0,539
III žingsnis		ω_1	ω_2	ω_3	ω_4	ω_5	ω_6	ω_7	ω_8	ω_9	ω_{10}
Kiekvieno ω'_i elemento normalizavimas		$\omega_i = \sqrt[10]{\prod_{j=1}^{10} a_{ij}} / \sum_{i=1}^{10} \sqrt[10]{\prod_{j=1}^{10} a_{ij}}$									
	1	0,028	0,025	0,025	0,043	0,185	0,164	0,206	0,168	0,083	0,073
Nustatomi rodiklių reikšmingumai	2	0,055	0,044	0,088	0,045	0,127	0,102	0,114	0,136	0,158	0,132
	3	0,053	0,038	0,050	0,046	0,229	0,126	0,215	0,120	0,071	0,052
ω_i	4	0,041	0,041	0,069	0,067	0,200	0,119	0,200	0,115	0,074	0,074
	5	0,088	0,081	0,114	0,029	0,203	0,084	0,203	0,104	0,047	0,046



3.12 pav. Ekspertų rodiklių įvertinimų pasiskirstymas

Fig. 3.12. Variation of criteria weights

3.22 lentelė. Uždavinio sprendimo algoritmas ARAS-F metodu

Table 3.22. The algorithm of ARAS-F method

		Alternatyvos							
		a_0	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7
Neraiškieji reikšmin- gumai	$\tilde{S}_{\alpha i} = \sum_{j=1}^{10} \left(\left(\frac{x_{ij}}{\sum_{j=1}^{10} x_{ij}} \right) \cdot \omega_{\alpha, j} \right)$	0,130	0,090	0,088	0,068	0,088	0,074	0,048	0,043
	$\tilde{S}_{\beta i} = \sum_{j=1}^{10} \left(\left(\frac{x_{ij}}{\sum_{j=1}^{10} x_{ij}} \right) \cdot \omega_{\beta, j} \right)$	0,207	0,143	0,139	0,106	0,133	0,118	0,081	0,072
	$\tilde{S}_{\gamma i} = \sum_{j=1}^{10} \left(\left(\frac{x_{ij}}{\sum_{j=1}^{10} x_{ij}} \right) \cdot \omega_{\gamma, j} \right)$	0,306	0,202	0,203	0,143	0,180	0,160	0,117	0,104
Optimalumo funkcija:	$S_i = \frac{1}{3} (S_{\alpha i} + S_{\beta i} + S_{\gamma i})$	0,214	0,145	0,143	0,106	0,134	0,117	0,082	0,073
Naudingu- mo laipsnis	$K_i = \frac{S_i}{S_0}$	1,000	0,677	0,669	0,492	0,624	0,547	0,383	0,341

AHP + ARAS-F metodais uždavinio sprendimo rezultatas:

$$a_1 \succ a_2 \succ a_4 \succ a_5 \succ a_3 \succ a_6 \succ a_7.$$

Įvertinus alternatyvas AHP + ARAS-F metodų deriniu, yra atliekama antroji skaičiavimų dalis – alternatyvų vertinimas AHP + COPRAS metodu. COPRAS metodo (Zavadskas, Kaklauskas 1996) uždavinių sprendimo algoritmo etapai pateikti 2.5.5 poskyryje. COPRAS metodu lyginamųjų alternatyvų santykinis reikšmingumas nustatomas remiantis juos apibūdinančiomis teigiamomis ir neigiamomis savybėmis. Kuo didesnis alternatyvos santykinis reikšmingumas (racionalumas), tuo alternatyva labiau atitinka sprendimą priimančio asmens poreikius ar preferencijas.

Šiuo atveju yra naudojami vidutiniai AHP metodu gautų rodiklių reikšmingumai. COPRAS metodo pradinė matrica ir sprendimų kryptingumas yra pateikiamas C priedo C2 lentelėje.

Normalizavus pagrindinės matricos duomenis bei jiems suteikus rodiklių reikšmingumą yra apskaičiuojamos visų alternatyvių projektų pliusų S_{+i} ir minusų S_{-i} sumos, kurios visada yra atitinkamai lygios visoms maksimizuojančių ir minimizuojančių rodiklių reikšmingumų sumoms (3.23 lentelė).

3.23 lentelė. COPRAS metodo skaičiavimų rezultatai

Table 3.23. Calculation results of COPRAS method

Maksimizuojančių rodiklių suma		Minimizuojančių rodiklių suma		Santykinis reikšmingumas	
S_{+1}	0,143	S_{-1}	0,020	Q_1	0,177
S_{+2}	0,129	S_{-2}	0,021	Q_2	0,161
S_{+3}	0,112	S_{-3}	0,023	Q_3	0,140
S_{+4}	0,146	S_{-4}	0,024	Q_4	0,174
S_{+5}	0,129	S_{-5}	0,028	Q_5	0,153
S_{+6}	0,083	S_{-6}	0,036	Q_6	0,103
S_{+7}	0,070	S_{-7}	0,033	Q_7	0,092

Nustatant projektų prioritetiškumą, yra vertinamas COPRAS metodo santykinis reikšmingumas Q_i . Kuo didesnis Q_i , tuo didesnis projekto efektyvumas (prioritetiškumas). Įvertinus COPRAS metodu gautus duomenis nustatyta alternatyvų prioritetiškumo eilė:

$$a_1 \succ a_4 \succ a_2 \succ a_5 \succ a_3 \succ a_6 \succ a_7.$$

Akivaizdu, kad šių dviejų metodų pagalba gauti rezultatai varijuoja ir nesudaro identiško sutapimo, t. y. nagrinėjant tą patį reiškinį skirtingais daugiakriteriniais vertinimo metodais yra gauti skirtingi rezultatai.

Kiekvienas metodas turi savo pranašumų ir trūkumų, vidinę logiką, išryškinančią vis kitokią šio uždavinio priėmimą. Žinoma, įtaką gautam rezultatui lėmė ir tai, kad ARAS-F metodo skaičiavimo atveju buvo naudojami neraiškieji reikšmingumai, o COPRAS atveju – panaudotos reikšmingumų vidutinės reikšmės.

Susidarius tokiai situacijai, racionalu pasitelkti papildomus sprendimo priėmimo metodus, kurių pagalba gali būti pasiektas tikslesnis alternatyvų pasiskirstymo rezultatas.

Šio uždavinio atveju, papildomai įvertintas alternatyvų pasiskirstymas MOORA ir MULTIMOORA metodais. Šio metodo pasirinkimą įtakoja tai, kad MOORA ir MULTIMOORA metodu vertinant alternatyvas yra eliminuojama suinteresuotų grupių įtaka priimamiems sprendimams, t. y. nenaudojami rodiklių reikšmingumai. Šio metodo skaičiavimai yra pateikiami C priedo C3 lentelėje.

Galutiniai rezultatai yra įvertinami 3.24 lentelėje.

3.24 lentelė. ARAS-F, COPRAS, MOORA, MULTIMOORA rezultatų įvertinimas
Table 3.24. The evaluation of ARAS-F, COPRAS, MOORA, MULTIMOORA results

Alternatyva	MULTIMOORA			ARAS-F	COPRAS	Rangų suma	Prioritetiškumas
	MOORA		Pilnosios sandaugos formos rangas				
	Santykių sistemos rangas	Atskaitos taško rangas					
a_1	1	7	1	1	1	11	1
a_2	3	3	3	2	3	14	2
a_3	5	4	5	5	5	24	5
a_4	2	6	2	3	2	15	3
a_5	4	5	4	4	4	21	4
a_6	6	1	6	6	6	25	6
a_7	7	2	7	7	7	30	7

Papildomai panaudojus MOORA ir MULTIMOORA metodą, buvo padidintas prieš tai panaudotų dviejų metodų tarpusavio suderinamumas. Atsižvelgiant į tai, galima daryti išvadą, kad sprendimo paieškai naudojamų skirtingų metodų skaičiaus didinimas leidžia surasti tiksliausią galimą rezultatą.

Įvertinus COPRAS, ARAS-F bei MOORA ir MULTIMOORA metodais gautus rezultatus nustatyta alternatyvų prioritetiškumo eilė:

$$a_1 \succ a_2 \succ a_4 \succ a_5 \succ a_3 \succ a_6 \succ a_7.$$

Atliekų deginimo gamyklos vietos parinkimui Vilniaus mieste buvo nagrinėjamos 7 alternatyvos. Alternatyvos yra pasiskirsčiusios miesto pramonės plėtrai skirtose zonose bei tankiai apgyvendintose miesto teritorijose. Vertinant alternatyvų vietą miesto teritorijoje, nagrinėjamos racionalios atliekų deginimo gamyklos vietos sudaro tris lokalizuotas zonas. Susidaro dvi zonos miesto pramonės plėtrai skirtose teritorijose (a_4 , a_1 ir a_2 , a_3 , a_5) ir viena zona tankiai apgyvendintose miesto dalyse (a_6 , a_7).

Zonoje, kurioje yra a_2 , a_3 ir a_5 alternatyvos susiduriama su inžinerinių komunikacijų pajungimo ir reikalingų privažiavimo kelių įrengimo problemomis. Vilniaus aerouostas yra esminė šios zonos problema projektuojant atliekų deginimo gamyklos degimo proceso dujų šalinimo kaminą. Todėl racionalios plėtros požiūriu suinteresuotų žmonių grupių reikalavimai gali būti įgyvendinti atliekų deginimo gamyklos statybai pasirenkant a_1 alternatyvos vietą, kuri yra parenkama pagal skaičiavimų rezultatus. Šioje vietoje technologiškai gali būti įrengtas atliekų deginimo įrenginys, atliekų rūšiavimo įrenginys ir bioskaidžių atliekų apdorojimo įrenginys.

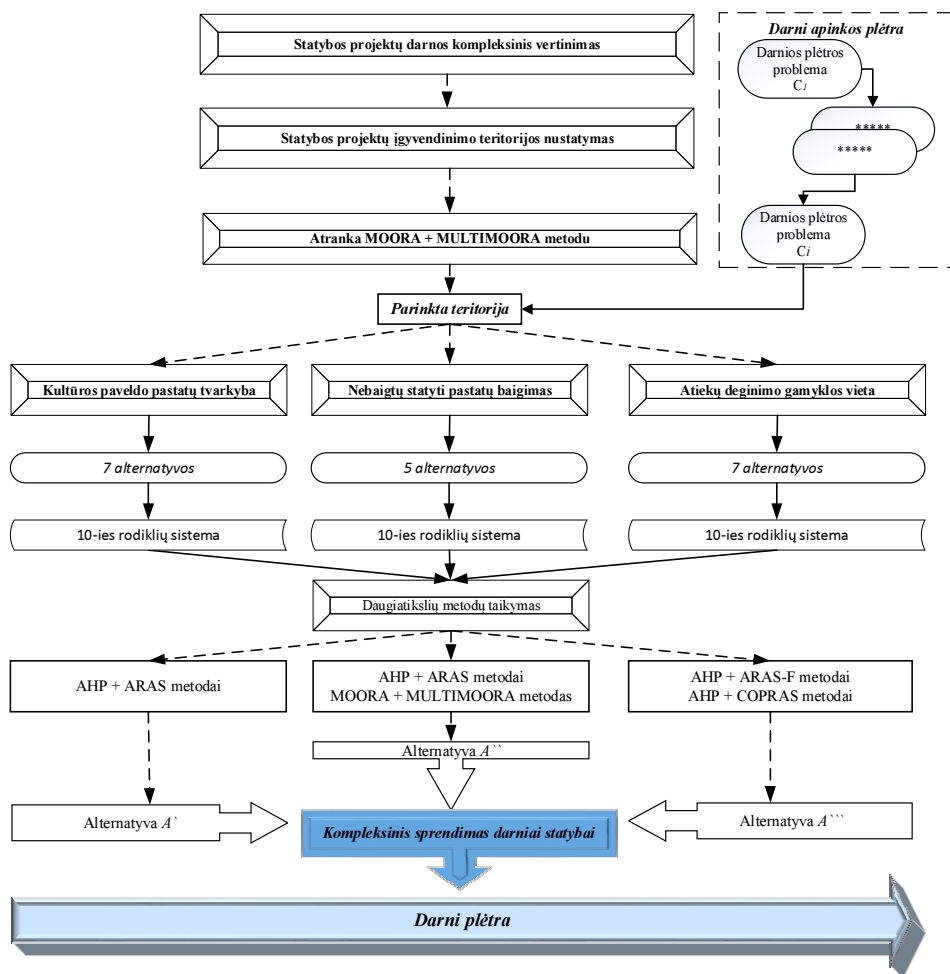
Atkreiptinas dėmesys, kad kiekvienoje iš 7-ių alternatyvų prioritetiškumo vertinimo duomenis būtų naudinga papildyti tokio tipo statybos projektų daromos žalos ar poveikio aplinkai rodikliais, kurie leistų išgryninti galutinį sprendimą, suderinant ekologiškos gyvensenos klausimus tokio tipo statybos projekto prieigose.

3.6. Kompleksinio modelio sintezė

Nuolatinis technologinis tobulėjimas, pastatų ir kitų statinių naudotojų poreikių kaita keičia statybos sektoriaus aplinką šalyje ar konkrečioje teritorijoje, iškeliant daugybę naujų problemų, iššūkių ir klausimų, susijusių su projektų efektyvumo įvertinimu ir įgyvendinimu. Tarpusavyje kompleksiskai veikiančių ekonominių, techninių, aplinkosauginių ir socialinių veiksnių visuma daro įtaką verslo subjektams ir jų vykdomos veiklos efektyvumui.

Visi statybos rinkos dalyviai, siekiantys gauti ekonominę, aplinkosauginę bei socialinę naudą, privalo iš anksto numatyti ketinamo vystyti projekto tikslus, uždavinius bei strategiją ir visa tai pagrįsti darnos principais.

Trečiajame skyriuje išnagrinėti keturi su statybos projektų darnos vertinimu susiję uždaviniai, kurie yra svarbūs dabartinei Lietuvos bei kitų pasaulio šalių statybos sektoriaus plėtrai. Sujungiant šių uždavinių sprendimus į vieną sistemą galima pasiekti bendrą nagrinėjamos teritorijos sprendimų paketą, skatinantį darnos plėtrą. Apibendrinti sprendimų sistemos rezultatai pateikiami 3.13 paveiksle.



3.13 pav. Statybos projektų darnos kompleksinio vertinimo modelis
Fig. 3.13. Model of complex sustainable construction project assessment

Pristatyta metodika leidžia nagrinėti didelės apimties informacijos statybos sritis, kurių sujungimas į bendrą sistemą leidžia sudaryti darnios plėtros kompleksinį modelį. Tokiu būdu, sudėtinga vertinimo sistema gali būti suskaidoma į mažesnes dalis, iš kurių kiekviena gali būti aprašoma būtent tą sritį atspindinčiais rodikliais ar jų rinkiniais, atitinkančiais darnios statybos koncepciją ir leidžiantys visapusiškai įvertinti statybos projekto efektyvumą ar naudą.

3.7. Trečiojo skyriaus išvados

1. Disertacijoje sudarytas universalus statybos projektų darnos vertinimo kompleksinis modelis, padedantis užtikrinti darnos principų įvertinimą įgyvendinant statybos ar kitokio pobūdžio projektus.

2. Kompleksiniame modelyje sudaryti kiekvieną sprendžiamą uždavinį apibūdinantys rodiklių rinkiniai, kurie gali būti modifikuojami ir pritaikomi analogiškų uždavinių sprendimui. Kiekvienam uždaviniui nustatytos alternatyvas apibūdinančios rodiklių skaičiuotinės reikšmės.

3. Išspręsti keturi kompleksinio statybos darnos vertinimo modelio statybos sritį nagrinėjantys uždaviniai:

Išsprendus pirmąjį uždavinį, naudojant MOORA ir MULTIMOORA metodų derinį nustatyta teritorija, kurioje paranku dabartinėmis rinkos sąlygomis įgyvendinti statybos projektus. Pagal nagrinėtų Vilniaus, Rygos ir Talino miestų alternatyvas nusakančius rodiklių rinkinius nustatyta, kad šiuo metu patraukliausia vieta statybos projektų vystymui yra Vilniaus miestas.

Išsprendus antrąjį uždavinį, naudojant AHP ir ARAS metodų derinį, įvertinti Vilniaus miesto kultūros paveldo statiniai. Įvertinimo tikslas – nustatyti kultūros paveldo pastatų atkūrimo bei išsaugojimo prioritetus bei vertinant rodiklių visumą, atrinkti geriausią variantą. Vertinimo metu buvo nustatyta, kad esant dabartiniams visuomenės poreikiams ir siekiant saugoti kultūros paveldą, pirmiausia reikėtų organizuoti Vilniaus Šv. Jono krikštytojo ir Šv. Jono apaštalo ir evangelisto bažnyčios išsaugojimo bei atkūrimo darbus.

Išsprendus trečiąjį uždavinį, panaudojant AHP, ARAS, MOORA ir MULTIMOORA metodų derinius, buvo įvertinti nebaigtos gyvenamosios statybos projektai ir nustatyti variantai, kurie (iki galo atlikus statybos darbus ir užbaigus projektą) būtų paklausūs dabartinėje nekilnojamojo turto rinkoje. Skaičiavimais nustatyta, kad pirmiausia paranku užbaigti nebaigtą statyti gyvenamosios paskirties pastatą esantį Pelesos g. Vilniuje.

Išsprendus ketvirtąjį uždavinį, naudojantis AHP, ARAS-F ir COPRAS metodų deriniu nustatyta, kad tinkamiausia atliekų deginimo gamyklos vieta Vilniaus mieste yra Gariūnų zonoje. ARAS-F ir COPRAS metodų rezultatų tarpusavio nesuderinamumas buvo išspręstas panaudojant papildomą MOORA ir MULTIMOORA metodų derinį.

4. Statybos projektų darnos vertinimo kompleksinis modelis padeda užtikrinti darnos principų laikymąsi, nes šis modelis suteikia galimybes įvertinti kiekvieno ketinamo įgyvendinti projekto pagrįstumą atsižvelgiant į aplinkosaugos, socialinius ir ekonominius veiksnus.

Bendrosios išvados

1. Atlikus mokslinės literatūros analizę nustatyta, kad racionalių rezultatų turi būti laikomas tas nagrinėjamas sprendimas, kuris atitinka daugumos suinteresuotų grupių poreikius, taip atitikdamas pasirinkimo galimybes nusakančius rodiklius. Daugelio suinteresuotų grupių dalyvavimui priimant sprendimus ir „aukso vidurio“ paieškai galima pasitelkti daugiatikslius skaičiavimo metodus.

2. Sukurtas kompleksinis statybos projektų darnos vertinimo modelis, padedantis identifikuoti statybos srities uždavinių galimų sprendimų alternatyvas. Rekomenduojama didelės apimties darnios plėtros sistemą skaidyti į koncentruotas posistemas, kuriose, daugiatikslių metodų pagalba, gali būti sprendžiami skirtingo pobūdžio uždaviniai ir galutiniame etape sujungiant juos į kompleksinę sprendimų paieškos sistemą.

3. Kompleksiniame modelyje pritaikyti AHP, ARAS, ARAS-F, MOORA, MULTIMOORA ir COPRAS daugiatikslių metodų deriniai. Nustatyti alternatyvas vertinančių unikalių rodiklių rinkiniai.

4. Sukurtas kompleksinis modelis panaudotas keturių statybos plėtros uždavinių sprendimui, kurių rezultatai sudaro bendrą darnios plėtros modelį.

5. Įvertinus trijų Baltijos valstybių sostines nustatyta, kad dabartinėmis rinkos sąlygomis patraukliausia rinka plėtoti statybos projektus yra Vilniaus miestas.

6. Atlikus Vilniaus mieste arba jo prieigose esančių septynių kultūros paveldo pastatų įvertinimą nustatyta, kad siekiant išsaugoti ir atnaujinti istorines architektūros vertybes visų pirma derėtų sutvarkyti a_1 alternatyvą (Vilniaus Šv. Jono krikštytojo ir Šv. Jono apaštalo ir evangelisto bažnyčią).

7. Nustatyta, kad siekiant investuoti į vieną iš penkių nebaigtos statybos projektų, tinkamiausia alternatyva yra Pelėsos gatvėje esantis neužbaigtas gyvenamasis daugiabutis namas (alternatyva a_3).

8. Atsižvelgiant į atliekų deginimo gamyklos statybos Vilniaus mieste vietų alternatyvas ir jas apibūdinančius rodiklius nustatyta, kad tinkamiausia vieta šio projekto realizavimui yra Gariūnų zonoje (alternatyva a_1), šiaurinėje termofikacinės elektrinės zonoje.

9. Sudaryti ir išspręsti uždaviniai, susiję su statybos projektų darnos kompleksiniu vertinimu, kuriuos modifikavus ir įvertinus aktualių rodiklių skaičiuotines reikšmes, gali būti praktiškai taikomi nagrinėjant kitų statybos srities projektų efektyvumą.

Literatūra ir šaltiniai

Agenda 21 [interaktyvus]. 1995. [žiūrėta 2014 m. gegužės 1 d.]. Prieiga per internetą http://www.bcn.cat/agenda21/english/A21_indicators_eng.htm

Aghdaie, M. H.; Zolfani, S. H.; Zavadskas, E. K. 2012. Prioritizing constructing projects of municipalities based on AHP and COPRAS-G: a case study about footbridges in Iran, *The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering* 7(2): 145–153.

Aydogan, E. K. 2011. Performance measurement model for Turkish aviation firms using the rough-AHP and TOPSIS methods under fuzzy environment, *Expert Systems With Applications* 38: 3992–3998. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eswa.2010.09.060>

Akadiri, P. O.; Olomolaiye, P. O.; Chinyio, E. A. 2013. Multi-criteria evaluation model for the selection of sustainable materials for building projects, *Automation in Construction* 30: 113–125. <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2012.10.004>

Akatjevaitė, S. 2011. Statybos sektoriaus krizės analizės aspektai, „Mokslas – Lietuvos ateitis“, 3(2): 21–25.

Al-Mukhtar, M. 2012. Editorial: built heritage, *European Journal of Environmental and Civil Engineering* 16(5): 525–526. <http://dx.doi.org/10.1080/19648189.2012.688531>

Alwaer, H.; Clements-Croome, D. J. 2010. Key performance indicators (KPIs) and priority setting in using the multi-attribute approach for assessing sustainable intelligent buildings, *Building and Environment* 45: 799–807.

- Antuchevičienė, J.; Zakarevicius, A.; Zavadskas, E. K. 2011. Measuring congruence of ranking results applying particular MCDM methods, *Informatica* 22(3): 319–338. <http://www.mii.lt/Informatica/pdf/INFO836.pdf>
- Antuchevičienė, J.; Zavadskas, E. K. 2004. Rational use of derelict buildings from the viewpoint of sustainable Development, *International Journal of Environment and Sustainable Development*, 3(2): 96–110.
- Apleistos teritorijos – vadovas [interaktyvus]. 2010. Tarpdisciplininė mokomoji priemonė, skirta apleistų teritorijų atstatymui – Latvijoje ir Lietuvoje [žiūrėta 2014 m. gegužės 5 d.]. Prieiga per internetą <http://www.adam-europe.eu/prj/4102/prj/vadovas.pdf>
- Bagliani, M.; Galli, A.; Niccolucci, V. 2008. Ecological footprint analysis applied to a sub-national area: the case of the Province of Siena (Italy), *Journal of Environmental Management* 86(2): 354–64.
- Baležentis, A.; Baležentis, T.; Valkauskas, R. 2010. Evaluating situation of Lithuania in the European Union: structural indicators and MULTIMOORA method, *Technological and Economic Development of Economy* 16(4): 578–602. <http://dx.doi.org/10.3846/tede.2010.36>
- Baležentis, T.; Baležentis, A.; Brauers, W. K. M. 2011. Multi-objective optimization of well-being in the European Union member states, *Ekonomika Istraživanja-Economic Research* 24(4): 1–15. http://oet.unipu.hr/uploads/media/Economic_research_Vol.24_No.4_2011_02.pdf
- Balli, S.; Korukoglu, S. 2009. Operating system selecting using fuzzy AHP and TOPSIS methods, *Mathematical and Computational Applications* 14(2): 119–130.
- Baltrėnas, P.; Ignatavičius, G.; Vaišis, V. 2001a. Pabradės centrinio poligono grunto užterštumo sunkiaisiais metalais tyrimai, *Aplinkos inžinerija* 9(1): 3–8.
- Baltrėnas, P.; Oškinis, V.; Ignatavičius, G.; Kumpienė, J. 2001b. Mechaniniai Lietuvos kariuomenės centrinio poligono tankodromo dirvožemio pažeidimai ir aplinkos apsaugos gerinimo galimybės, *Aplinkos inžinerija* 9(2): 103–109.
- Basbagill, J.; Flager, F.; Lepech, M.; Fischer, M. 2013. Application of life-cycle assessment to early stage building design for reduced embodied environmental impacts, *Building and Environment* 60: 81–92.
- Baumgärtner, S.; Quaas, M. 2010. What is sustainability economics?, *Ecological Economics* 69(3): 445–450.
- Bhattacharya, A.; Geraghty, J.; Young, P. 2010. Supplier selection paradigm: An integrated hierarchical QFD methodology under multiple-criteria environment, *Applied Soft Computing Journal* 10(4): 1013–1027.
- Bitarafan, M.; Zolfani, S. H.; Arefi, S. L.; Zavadskas, E. K. 2012. Evaluating the construction methods of cold-formed steel structures in reconstructing the areas damaged in natural crises, using the methods AHP and COPRAS-G, *Archives of civil and mechanical engineering* 12: 360–367.

- Bithas, K.; Christofakis, M. 2006. Environmentally sustainable cities: critical review and operational conditions, *Sustainable Development* 14(3): 177–189.
- Bynum, P.; Issa, R. R. A.; Olbina, S. 2013. Building information modeling in support of sustainable design and construction, *Journal of Construction Engineering and Management* 139(1): 24–34. [http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000560](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000560)
- Bourdeau, L. 1999. Sustainable development and the future of construction: a comparison of visions from various countries, *Building Research & Information* 27(6): 354–366.
- Brauers, W. K. M.; Kracka, M.; Zavadskas, E. K. 2012. Lithuanian case study of masonry buildings from the soviet period, *Journal of Civil Engineering and Management* 18(3): 444–456. <http://dx.doi.org/10.3846/13923730.2012.700944>
- Brauers, W. K. M.; Zavadskas, E. K. 2006. The MOORA method and its application to privatization in a transition economy, *Control and Cybernetics* 35(2): 445–469.
- Brauers, W. K. M.; Zavadskas, E. K. 2011. MULTIMOORA optimization used to decide on a bank loan to buy property, *Technological and Economic Development of Economy* 17(1): 174–188. <http://dx.doi.org/10.3846/13928619.2011.560632>
- Brauers, W. K. M.; Zavadskas, E. K. 2013. Multi-objective economic evaluation of the European Union Member states. As opposed to credit rating agencies opinions?, *Transformations in Business & Economics* 12(2): 102–124. <http://www.transformations.khf.vu.lt/29/article/mult>
- Brauers, W.K.; Zavadskas, E. K. 2010. Project management by MULTIMOORA as an instrument for transition economies, *Technological and Economic Development of Economy* 1: 5–24.
- Camagni, R.; Capello, R.; Nijkamp, P. 1998. Towards sustainable city policy: an economy– environment technology nexus, *Ecological Economics* 24(1):103–18.
- Ceccato, V.; Lukyte, N. 2011. Safety and sustainability in a city in transition: The case of Vilnius, Lithuania, *Cities* 28(1): 83–94.
- Chakraborty, S. 2011. Applications of the MOORA method for decision making in manufacturing environment, *International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 54(9–12): 1155–2266. <http://dx.doi.org/10.1007/s00170-010-2972-0>
- Chan, F. T. S.; Chan, H. K. 2010. An AHP model for selection of suppliers in the fast changing fashion market, *International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 51(9–12): 1195–1207.
- Chen, Y.; Okudan, G. E.; Riley, D. R. 2010. Sustainable performance criteria for construction method selection in concrete buildings, *Automation in Construction* 19(2): 235–244.
- Chen, T. Y. 2012. Comparative analysis of SAW and TOPSIS based on interval-valued fuzzy sets: Discussions on score functions and weight constraints, *Expert Systems with Applications* 39(2): 1848–1861. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eswa.2011.08.065>

- Cherubini, F.; Bargigli, S.; Ulgiati, S. 2009. Life cycle assessment (LCA) of waste management strategies: Landfilling, sorting plant and incineration, *Energy* 34(12): 2116–2123.
- Chou, S. J.; Pham, A. D.; Wang, H. 2013. Bidding strategy to support decision-making by integrating fuzzy AHP and regression-based simulation, *Automation in Construction* 35: 517–527. <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2013.06.007>
- Christensen, T. H.; Bhandar, G.; Lindvall, H.; Larsen, A. W.; Fruergaard, T.; Anders, D.; Manfredi, S.; Boldrin, A.; Riber, C.; Hauschild, M. 2007. Experience with the use of LCAModelling (EASEWASTE) in waste management, *Waste Management and Resources* 25(3): 257–262.
- Coenen, L.; Benneworth, P.; Truffer, B. 2012. Toward a spatial perspective on sustainability transitions, *Research Policy* 41(6): 968–979. <http://dx.doi.org/10.1016/j.respol.2012.02.014>
- Colson, C. M.; Nehrir, M. H.; Sharma, R. K.; Asghari, B. 2014. Improving sustainability of hybrid energy systems part II: managing multiple objectives with a multiagent system, *IEEE Transactions on Sustainable Energy* 5(1): 46–54. <http://dx.doi.org/10.1109/TSTE.2013.2269319>
- Constructon Best Practice Programme [interaktyvus]. [žiūrėta 2013 m. gruodžio 5 d.]. Prieiga per internetą <http://www.cbpp.org.uk>.
- Courtney, R. 1999. CIB Agenda 21 and the building research community, *Building Research & Information* 27(6): 373–377.
- Čiegis, R.; Grundey, D.; Štreimikienė, D. 2005. Darnaus vystymosi planavimas: municipaliniai aspektai, *Technological and economic development of economy* 4: 260–269.
- Čiegis, R.; Ramanauskienė, J.; Startienė, G. 2009. Theoretical reasoning of the use of indicators and indices for sustainable development assessment, *Engineering Economics* 3: 33–40.
- Daily, G.; Ehrlich, P. 1992. Population, sustainability, and earth's carrying capacity: a framework for estimating population sizes and lifestyles that could be sustained without undermining future generations, *Bioscience* 2(10): 761–71.
- Davis, S. C.; Kucharik, C. J.; Fazio, S.; Monti, A. 2013. Environmental sustainability of advanced biofuels, *Biofuels Bioproducts & Biorefining–Biofpr* 7(6): 638–646. <http://dx.doi.org/10.1002/bbb.1439>
- Devuyst, D. 2001. How green is the city? Sustainability assessment and the management of urban environments. New York: Columbia University Press, p. 1–36.
- DNB [interaktyvus]. [žiūrėta 2014 m. gruodžio 28 d.]. Prieiga per internetą: <https://www.dnb.lt/lt/apzvalgos/baltijos-saliu-makroekonomines-prognozes>.
- Dutta, M.; Husain, Z. 2009. An application of multicriteria decision making to built heritage. The case of Calcutta, *Journal of Cultural Heritage* 10: 237–243

- Eglimez, G.; Gumus, S.; Kucukvar, M. 2015. Environmental sustainability benchmarking of the U.S. and Canada metropolises: An expert judgment-based multi-criteria decision making approach, *Cities* 42: 31–41. doi:10.1016/j.cities.2014.08.006
- Feng, S.; Xu, L. D. 1999. Decision support for fuzzy comprehensive evaluation of urban Development, *Fuzzy Sets and Systems* 105: 1–12.
- Frenkel, A.; Bendit, E.; Kaplan, S. 2014. Knowledge cities and transport sustainability: the link between the travel behavior of knowledge workers and car-related job perks, *International Journal of Sustainable Transportation* 8(3): 225–247. <http://dx.doi.org/10.1080/15568318.2012.688093>
- Fruergaard, T.; Christensen, T.H.; Astrup, T. 2010. Energy recovery from waste incineration: Assessing the importance of district heating networks, *Waste Management* 30(7): 1264–1272.
- Giove, S.; Rosato, P.; Breil, M. 2011. An application of multicriteria decision making to build heritage. The Redevelopment of Venice Arsenal, *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis* 17(3–4): 85–99.
- Girard, L. F.; De Toro, P. 2007. Integrated spatial assessment: a multicriteria approach to sustainable development of cultural and environmental heritage in San Marco dei Cavoti, Italy, *Central European Journal Operational Research* 15: 281–299.
- Glock, Ch. 2013. Integrated realization of sustainable and lifecycle-orientated real estates, *Bauingenieur* 88: 105–116.
- Goedert, J. D.; Sekpe, V. D. 2013. Decision support system-enhanced scheduling in matrix organizations using the analytic hierarchy process, *Journal of Construction Engineering and Management* 139(11): 290–297. [http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000734](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000734)
- Graymore, M.; Sipe, N.; Rickson, R. 2010. Sustaining human carrying capacity: a tool for regional sustainability assessment, *Ecological Economics* 69(3): 459–68.
- Grosso, M.; Motta, A.; Rigamonti, L. 2010. Efficiency of energy recovery from waste incineration, in the light of the new Waste Framework Directive, *Waste Management* 30: 1238–1243.
- Haapio, A.; Viitaniemi, P. 2008a. Environmental effect of structural solutions and building materials to a building, *Environmental Impact Assessment Review* 28(8): 587–600.
- Haapio, A.; Viitaniemi, P. 2008b. A critical review of building environmental assessment tools, *Environmental Impact Assessment Review* 28(7): 469–482.
- Hall, R.E. 2010. Why does the economy fall to pieces after a financial crisis?, *Journal of Economic Perspectives*, 24(4): 3–20.
- Heiselberg, P.; Brohus, H.; Hesselholt, A.; Rasmussen, H.; Seinre, E.; Thomas, S. 2009. Application of sensitivity analysis in design of sustainable buildings. Special Issue: Building and Urban Sustainability, *Renewable Energy* 34(9): 2030–2036.

- Ho, W. 2008. Integrated analytic hierarchy process and its applications - a literature review, *European Journal of Operational Research* 186: 211–228.
- Hoekstra, A.; Chapagain, A. 2007. The water footprints of Morocco and the Netherlands: global water use as a result of domestic consumption of agricultural commodities, *Ecological Economics* 64(1): 143–51.
- Horlings, L. G.; Marsden, T. K. 2014. Exploring the „new rural paradigm“ in Europe: economic strategies as a counterforce to the global competitiveness agenda, *European Urban and Regional Studies* 21(1): 4–20. <http://dx.doi.org/10.1177/0969776412441934>
- Hwang, B. G.; Lim, E. S. J. 2013. Critical success factors for key project players and objectives: case study of Singapore, *Journal of Construction Engineering and Management* 139(2): 204–215. [http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000597](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000597)
- Inreal [interaktyvus]. 2014. Lietuvos daugiabučių fondo plėtra ir jos perspektyvos [žiūrėta 2014 m. balandžio 1 d.]. Prieiga per internetą http://www.inreal.lt/media/editor/inreal/rinkosapzvalgos/NT_tendencija_2013_birzelis.pdf.
- Ishizaka, A.; Labib, A. 2009. Analytic hierarchy process and expert choice: benefits and limitations, *OR Insight* 22(4): 201–220.
- Ishizaka, A.; Pearman, C.; Nemery, P. 2012. AHP sort: An AHP-based method for sorting problems, *International Journal of Production Research* 50(17): 4767–4784.
- Yu, Y.; Woo, S. J. 2013. A Study on the model of a building-envelope structural modification system to increase energy efficiency at the schematic design stage, *Journal of Asian Architecture and Building Engineering* 12(2): 189–196. <http://dx.doi.org/10.3130/jaabe.12.189>
- Juan, Y. K.; Gao, P.; Wang, J. 2010. A hybrid decision support system for sustainable office building renovation and energy performance improvement, *Energy and Buildings* 42(3): 290–297.
- Kaklauskas, A.; Kelpšienė, L.; Zavadskas, E. K.; Bardauskienė, D.; Kaklauskas, G.; Urbonas, M.; Sorakas, V. 2011. Crisis management in construction and real estate: conceptual modeling at the micro-, meso- and macro-levels, *Land Use Policy* 28: 280–293
- Kang, H. H.; Liu, Sh. B. 2014. The impact of the 2008 financial crisis on housing prices in China and Taiwan: A quantile regression analysis, *Economic Modelling* 42: 356–362.
- Kang, L. S.; Kim, S. K.; Moon, H. S.; Kim H. S. 2013. Development of a 4D objectbased system for visualizing the risk information of construction projects, *Automation in Construction* 31: 186–203. <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2012.11.038>
- Kaplinski, O.; Tamošaitienė, J. 2010. Game theory applications in construction engineering and management, *Technological and Economic Development of Economy* 16(2): 348–363. <http://dx.doi.org/10.3846/tede.2010.22>

- Karande, P.; Chakraborty, Sh. 2013. Application of multi-objective optimization on the basis of ratio analysis (MOORA) method for materials selection, *Materials & Design* 37: 317–324. doi:10.1016/j.matdes.2012.01.013
- Karlin, S.; Studden, W. J. 1966. *Tchebycheff Systems: with Applications in Analysis and Statistics*. Interscience Publishers, New York.
- Kaufman, S.; Krishnan, N.; Themelis, N. 2010. A screening life cycle metric to benchmark the environmental sustainability of waste management systems, *Environmental Science and Technology* 44(15): 5949–5955.
- Kavaliauskas, P. 2010. Sustainable and balanced development of Lithuanian curonian spit and Neringa municipality planning and political aspects, *Technological and Economic Development of Economy* 16(1): 58–74. <http://dx.doi.org/10.3846/tede.2010.04>
- Kildiene, S.; Kaklauskas, A.; Zavadskas, E. K. 2011. COPRAS based comparative analysis of the European country management capabilities within the construction sector in the time of crisis, *Journal of Business Economics and Management* 12(2): 417–434.
- Kildienė, S.; Zavadskas, E. K.; Tamošaitienė, J. 2014. Complex technology assessment model for technology development and implementation, *Journal of Civil Engineering and Management* 20(2): 280–290.
- Kim, C. J.; Yoo, W. S.; Lee, U. K.; Song, K. J.; Kang, K. I.; Cho, H. 2010. An experience curve-based decision support model for prioritizing restoration needs of cultural heritage, *Journal of Cultural Heritage* 11: 430–437.
- Kliukas, R.; Kačianauskas, R.; Jaras, A. 2008. A monument of historical heritage-Vilnius archcathedral belfry: The dynamic investigation, *Journal of Civil Engineering and Management* 14(2): 139–146. <http://dx.doi.org/10.3846/1392-3730.2008.14.9>
- Kohler, N. 1999. The relevance of the green building challenge: An observer's perspective, *Building Research & Information* 27(4/5): 309–320.
- Kracka, M.; Zavadskas, E. K. 2013. Panel building refurbishment elements effective selection by applying multiple-criteria methods, *International Journal of Strategic Property Management* 17(2): 210–219. <http://dx.doi.org/10.3846/1648715X.2013.808283>
- Kull, T. J.; Talluri, S. 2008. A supply risk reduction model using integrated multicriteria decision making, *IEEE Transactions on Engineering Management* 55(3): 409–419.
- Kumar, R.; Ray, J. 2014. Selection of material for optimal design using multi-criteria decision making, *Procedia Materials Science* 6: 590–596. doi:10.1016/j.mspro.2014.07.073
- Kuzman, M. K.; Groselj, P.; Ayrilmis, N.; Zbašnik-Senegačnik, M. 2013. Comparison of passive house construction types using analytic hierarchy process, *Energy and Buildings* 64: 258–263. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.05.020>
- Laes, E.; Meskens, G.; Ruan, D.; Lu, J.; Zhang, G.; Wu, F.; D'haeseleer, W.; Weiler, R. 2008. *Studies in computational intelligence. Fuzzy-set decision support for a Belgian long-term sustainable energy strategy*. Springer Berlin / Heidelberg. Pp. 271–296.

- Larichev, O. I.; Kortnev, A. V.; Kochin D. Y. 2002. Decision support system for classification of a finite set of multicriteria alternatives, *Decision Support Systems* 33: 13–21. [http://dx.doi.org/10.1016/S0167-9236\(01\)00132-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0167-9236(01)00132-4)
- Lee, J.; Lee, Y.; Kim, J. 2013. Assessing the risks of Asian development projects: A theoretical framework and empirical findings, *Journal of Asian Architecture and Building Engineering* 12(1): 25–32. <http://dx.doi.org/10.3130/jaabe.12.25>
- Levary, R. R. 2008. Using the analytic hierarchy process to rank foreign suppliers based on supply risks, *Computers and Industrial Engineering* 55(2): 535–542.
- Lietuvos Respublikos Aplinkos ministerija [interaktyvus]. [žiūrėta 2014 m. gegužės 2 d.]. Prieiga per internetą: <<http://www.am.lt/VI/index.php>>.
- Lima, R. F.; Osiro, L.; Carpinetti, L. 2013. A fuzzy inference and categorization approach for supplier selection using compensatory and non-compensatory decision rules, *Applied Soft Computing*, 13(10): 4133–4147. doi:10.1016/j.asoc.2013.06.020
- Liou, J. J. H.; Tzeng, G.-H. 2012. Comments on “Multiple criteria decision making (MCDM) methods in economics: an overview”, *Technological and Economic Development of Economy* 18(4): 672–695. <http://dx.doi.org/10.3846/20294913.2012.753489>
- Liu, H. C.; Fan, X. J.; Li, P.; Chen, Y. Z. 2014. Evaluating the risk of failure modes with extended MULTIMOORA method under fuzzy environment, *Engineering Applications of Artificial Intelligence* 34: 168–177. doi:10.1016/j.engappai.2014.04.011
- Liu, H. Ch.; You, J. X.; Lu, Ch.; Shan, M. M. 2014b. Application of interval 2-tuple linguistic MULTIMOORA method for health-care waste treatment technology evaluation and selection, *Waste Management* 34(11): 2355–2364. doi:10.1016/j.wasman.2014.07.016
- Liu, M.; Li, B.; Yao, R. 2010. A generic model of exergy assessment for the environmental impact of building lifecycle, *Energy and Buildings* 42(9): 1482–1490.
- Liu, P. 2010. Multi-attribute decision-making method research based on interval vague set and TOPSIS method, *Technological and Economic Development of Economy* 15(3): 453–463. <http://dx.doi.org/10.3846/1392-8619.2009.15.453-463>
- Lopes, L.; Hokoi, Sh.; Miura, H.; Shuhei, K. 2005. Energy efficiency and energy savings in Japanese residential buildings – research methodology and surveyed results, *Energy and Buildings* 37(7): 698–706.
- Mafakheri, F.; Breton, M.; Ghoniem, A. 2011. Supplier selection-order allocation: A two-stage multiple criteria dynamic programming approach, *International Journal of Production Economics* 132(1): 52–57.
- Mayer, A. 2008. Strengths and weaknesses of common sustainability indices for multidimensional systems, *Environment International* 34(2): 277–291.
- Marsal-Llacuna, M. L.; Colomer-Llinas, J.; Melendez-Frigola, J. 2015. Lessons in urban monitoring taken from sustainable and livable cities to better address the Smart Cities initiative, *Technological Forecasting & Social Change* 90: 611–622.

- Mathews, E. H.; Arndt, D.; Geyser, M. F. 2002. Reducing the energy consumption of a conference centre – a case study using software, *Building and Environment* 37(4): 437–444.
- Medineckiene, M.; Bjork, F. 2011. Owner preferences regarding renovation measures – the demonstration of using multi-criteria decision making, *Journal of Civil Engineering and Management* 17(1): 284–295. <http://dx.doi.org/10.3846/13923730.2011.582380>
- Mickaitytė, A.; Zavadskas, E. K.; Kaklauskas, A.; Tupėnaitė, L. 2008. The concept model of sustainable buildings refurbishment, *International Journal of Strategic Property Management* 12(1): 53–68. <http://dx.doi.org/10.3846/1648-715X.2008.12.53-68>
- Milutienė, M.; Staniskis, J. K.; Krucius, A.; Augulienė, V.; Ardickas, D. 2012. Increase in buildings sustainability by using renewable materials and energy, *Clean Technologies and Environmental Policy* 14: 1075–1084. <http://dx.doi.org/10.1007/s10098-012-0505-2>
- Mishkin, F.S. 2011. Over the Cliff: from the subprime to the Global financial crisis, *Journal of Economic Perspectives* 25(1): 49–70.
- Morselli, L.; Robertis, C.; Luzi, J.; Passarini, F.; Vassura, I. 2008. Environmental impacts of waste incineration in a regional system (Emilia Romagna, Italy) evaluated from a life cycle perspective, *Journal of Hazardous Materials* 159(2-3): 505–511.
- Mulliner, E.; Smallbone, K.; Malienė, V. 2013. An assessment of sustainable housing affordability using a multiple criteria decision making method, *Omega* 41(2): 270–279. doi:10.1016/j.omega.2012.05.002
- Munda, G. 2006. Social multi-criteria evaluation for urban sustainability policies, *Land Use Policy* 23(1): 86–94.
- Nguyen, H. T.; Dawal, S. Z.; Nukman, Y.; Aoyama, H. 2014. A hybrid approach for fuzzy multi-attribute decision making in machine tool selection with consideration of the interactions of attributes, *Expert Systems with Applications* 41(6): 3078–3090. doi:10.1016/j.eswa.2013.10.039
- NUMBEO [interaktyvus]. [žiūrėta 2014 m. gruodžio 28 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.numbeo.com/>
- Nuuter, T.; Lill, I.; Tupenaite, L. 2015. Comparison of housing market sustainability in European countries based on multiple criteria assessment, *Land Use Policy* 42: 642–651. doi:10.1016/j.landusepol.2014.09.022
- Paleta, R.; Pina, A.; Silva, C. A. 2012. Remote autonomous energy systems project: Towards sustainability in developing countries, *Energy* 48(1): 431–439. <http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2012.06.004>
- Papadopoulos, A.M.; Oxizidis, S.; Papandritsas, G. 2008. Energy, economic and environmental performance of heating systems in Greek buildings, *Energy and Buildings* 40(3): 224–230.
- Pareto, V. 1971. *Manual of political economy*. A. M. Kelley, New York.

- PAROC [interaktyvus]. [žiūrėta 2015 m. sausio 18 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.paroc.lt/verta-zinoti/tvarumas/es-programos>.
- Pavlas, M.; Touš, M. 2008. Efficient waste-to-energy system as a contribution to clean technologies, *Clean Technologies Environmental Policy* 11(1): 19–29.
- Poveikio aplinkai vertinimo studija (PAVS) [interaktyvus]. 2010. Regioninė komunalinių atliekų deginimo gamykla [žiūrėta 2015 m. sausio 5 d.]. Prieiga per internetą <http://vrd.am.lt/VI/files/File/deginimas/RKADG%20PAV%20ataskaita.pdf>
- Podvezko, V. 2005. Ekspertų įverčių suderinamumas, *Technological and Economic Development of Economy* 9(2): 101–107.
- Podvezko, V. 2011. The comparative analysis of MCDA methods SAW and COPRAS, *Inžinerinė Ekonomika–Engineering Economics* 22(2): 134–146. <http://dx.doi.org/10.5755/j01.ee.22.2.310>
- Putzhuber, F.; Hasenauer, H. 2010. Deriving sustainability measures using statistical data: a case study from the Eisenwurzen, Austria, *Ecological Indicators* 10(1): 32–8.
- PWC [interaktyvus]. 2014. Nekilnojamojo turto rinkos apžvalga [žiūrėta 2015 m. sausio 04 d.]. Prieiga per internetą: http://www.pwc.com/lt/en/assets/publications/oberhaus_market_report_baltic_states_2013.pdf.
- Raju, K. S.; Kumar, D. M. 2013. *Multicriterion analysis in engineering and management*. Kindle edition. PHI Learning Private Limited, pp. 343.
- Raslanas, S.; Stasiukynas, A.; Krutinis, M. 2012. Some aspects of sustainable real estate development: a case study of Druskininkai snow arena in Lithuania, *E&M Ekonomie a Management* 15(4): 71–83.
- Rees, W. 1999. The built environment and the ecosphere: a global perspective, *Building Research & Information* 27(4/5): 206–220.
- Rees, W. 2001. *How Green Is the City? Sustainability assessment and the management of urban environments*. New York: Columbia University Press, pp. 37–42.
- Reza, B.; Sadiq, R.; Hewage, K. 2011. Sustainability assessment of flooring systems in the city of Tehran: An AHP-based life cycle analysis, *Construction and Building Materials* 25: 2053–2066.
- Rizzi, F.; Bartolozzi, I.; Borghini, A.; Frey, M. 2013. Environmental management of end-of-life products: nine factors of sustainability in collaborative networks, *Business Strategy and the Environment* 22(8): 561–572. <http://dx.doi.org/10.1002/bse.1766>
- Saaty, T. L. 1980. *The analytic hierarchy process*. New York: McGraw–Hill
- Saaty, T. L.; Vargas, L. G.; Kearns, K. P. 1991. *The Logic of Priorities: Analytical Planning–The Organization of Systems*, RWS Publications, pp. 509.
- Saha, D.; Paterson, R. G. 2008. Local government efforts to promote the “Three Es” of sustainable development survey in medium to large cities in the United States, *Journal of Planning Education and Research* 28: 21–37.

- Schetke, S.; Haase, D. 2008. Multi-criteria assessment of socio-environmental aspects in shrinking cities. Experiences from eastern Germany, *Environmental Impact Assessment Review* 28(7): 483–503.
- Simanavičienė, R. 2013. Statistinių metodų taikymas daugiataksių sprendimų patikimumui įvertinti, *Informacijos mokslai* 65: 120–126.
- Sirisrisak, T. 2009. Conservation of Bangkok old town, *Habitat International* 33: 405–411.
- Sivilevičius, H. 2011. Modelling the interaction of transport system elements, *Transport* 26(1): 20–34. <http://dx.doi.org/10.3846/16484142.2011.560366>
- Son, K.; Choi, K.; Woods, P.; Park, Y. 2012. Urban sustainability predictive model using GIS: appraised land value versus LEED sustainable site credits, *Journal of Construction Engineering and Management-ASCE* 138(9): 1107–1112. [http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000449](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000449)
- Sorainen [interaktyvus]. 2014. Nekilnojamojo turto rinkos apžvalga [žiūrėta 2014 m. gruodžio 28 d.]. Prieiga per internetą: http://www.sorainen.com/UserFiles/.../INREAL_2013-2014_NT_Ap%C5%BEEvalga.pdf.
- Šaparauskas, J. 2004. *Darnaus miesto vystymo(-si) daugiatakslė selektonovacija*. Daktaro disertacija. Technika, Vilnius. pp. 150.
- Šaparauskas, J. 2004. Development evaluation of Vilnius, Riga and Tallinn from sustainable point of view, *The 8-th international conference of modern building materials, structures and techniques*, p. 255–259.
- Šijanec Zavrl, M.; Žarnič, R.; Šelih, J. 2009. Multicriterial sustainability assessment of residential buildings, *Technological and Economic Development of Economy* 15(4): 612–630. <http://dx.doi.org/10.3846/1392-8619.2009.15.612-630>
- Štreimikienė, D.; Baležentis, T.; Kriščiukaitienė, I.; Baležentis, A. 2012. Prioritizing sustainable electricity production technologies: MCDM approach, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 16(5): 302–3311.
- Taylan, O.; Bafail, A. O.; Abdulaal, R.; Kabli, M. R. 2014. Construction projects selection and risk assessment by fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS methodologies, *Applied Soft Computing* 17: 105–116. <http://dx.doi.org/10.1016/j.asoc.2014.01.003>
- Tam, V. W. Y.; Shen, L. Y.; Ochoa, J. 2013. Design for green property development in developing cities, *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice* 139(4): 310–316. [http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)EI.1943-5541.0000161](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)EI.1943-5541.0000161)
- Tamošaitienė, J.; Gaudutis, E. 2013. Complex assessment of structural systems used for high-rise buildings, *Journal of Civil Engineering and Management* 19(2): 305–317. <http://dx.doi.org/10.3846/13923730.2013.772071>
- Tamošaitienė, J.; Zavadskas, E. K.; Turskis, Z. 2013. Multi-criteria risk assessment of a construction project, *Procedia Computer Science: first international conference on In-*

formation Technology and Quantitative Management 17: 129–133. <http://dx.doi.org/10.1016/j.procs.2013.05.018>

Tanguay, G.; Rajaonson, J.; Lefebvre, J. 2010. Measuring the sustainability of cities: an analysis of the use of local indicators, *Ecological Indicators* 10(2): 407–18.

Tehrani, S. M.; Karbassi, A. R.; Ghoddosi, J.; Monavari, S. M.; Mirbagheri, S. A. 2009. Prediction of energy consumption and urban air pollution reduction in e-shopping adoption, *Journal of Food, Agriculture and Environment* 7(3/4): 898–903.

The general plan of the territory of Vilnius municipality up to 2015 [interaktyvus]. [žiūrėta 2014 m. rugpjūčio 15 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.vilnius.lt/bplanas/bp2015/SOURCE/bp_pagrindinis_brezinys.pdf>.

Triantaphyllou, E. 2000. Multi-criteria decision making methods: A comparative study, *Applied Optimization*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.

Tuan, T. H.; Navrud, S. 2007. Valuing cultural heritage in developing countries: comparing and pooling contingent valuation and choice modelling estimates, *Environmental and Resource Economics* 38: 51–69.

Tupenaite, L.; Zavadskas, E.K.; Kaklauskas, A.; Turskis, Z.; Seniut, M. 2010. Multiple criteria assessment of alternatives for built and human environment renovation, *Journal of Civil Engineering and Management* 16(2): 257–266. <http://dx.doi.org/10.3846/jcem.2010.30>

Turskis, Z. 2009. *Daugiatikslio apsisprendimo metodai statinių gyvavimo ciklui modeliuoti*, habilitacijos procedūrai teikiamų mokslo darbų apžvalga, Vilnius technika, pp. 41.

Turskis, Z.; Gajzler, M.; Dziadosz, A. 2012b. Reliability, risk management, and contingency of construction processes and projects, *Journal of Civil Engineering and Management* 18(2): 290–298. <http://dx.doi.org/10.3846/13923730.2012.672931>

Turskis, Z.; Lazauskas, M.; Zavadskas, E. K. 2012. Fuzzy multiple criteria assessment of construction site alternatives for non-hazardous waste incineration plant in Vilnius city, applying ARAS-F and AHP methods, *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management* 20(2): 110–120.

Turskis, Z.; Zavadskas, E. K. 2010. A new fuzzy additive ratio assessment method (ARAS-F). Case study: The analysis of fuzzy multiple criteria in order to select the logistic centers location, *Transport* 25(4): 423 – 432.

United Nation conference on environment and development (UNCED). 1992. Agenda 21: An action plan for the next century. United Nations, Rio de Janerio, Brazil.

United Nations University (UNU–IAS) [interaktyvus]. 2012. *Innovation in local and Global learning systems for sustainability: Traditional knowledge and biodiversity*. [žiūrėta 2014 m. gruodžio 15 d.]. Prieiga per internetą: http://www.ias.unu.edu/resource_centre/TKB%20Book%20FINAL%20Jan%202013_1

Ustinovičius, L.; Ambrasas, G.; Alchimovienė, J.; Ignatavičius, Č.; Vilutienė, T. 2012. *Statinių eksploatavimas ir atnaujinimas*. Mokomoji knyga. Technika, Vilnius, pp. 231.

Vilniaus apskrities atliekų tvarkymo centras (trump. VAATC). 2010. Possibility research and development of the financing request for the project „Vilnius regional waste management infrastructure development“. Prepared by JSC „Sweco Lietuva“.

Vaičienė, M. 2009. Technogeninių, statybinių ir buitinių atliekų naudojimas gaminant betoną, „Mokslas–Lietuvos ateitis“ 1(5): 20–24.

Valstybinė saugomų teritorijų tarnyba prie aplinkos ministerijos [interaktyvus]. 2008. Apleistų pastatų likvidavimo programa [žiūrėta 2014 m. kovo 31 d.]. Prieiga per internetą http://www.vstt.lt/VI/article.php?article_id=432.

Vidal, L. A.; Marle, F.; Bocquet, J. C. 2011. Using a Delphi process and the analytic hierarchy process (AHP) to evaluate the complexity of projects, *Expert Systems with Applications* 38: 5388–5405.

Viteikienė, M.; Zavadskas, E. K. 2007. Evaluating the sustainability of Vilnius city residential areas, *Journal of civil engineering and management* 13(2) 149–155.

Volvaciovas, R.; Turskis, Z.; Aviza, D.; Mikšienė, R. 2013. Multi-attribute selection of public buildings retrofits strategy, *11-th International Scientific Conference „Modern building materials, structures and techniques“* 57: 1236–1241. <http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2013.04.156>

Vučičević, B.; Jovanović, M.; Afgan, N.; Turanjanin, V. 2014. Assessing the sustainability of the energy use of residential buildings in Belgrade through multi-criteria analysis, *Energy and Buildings* 69: 51–61.

Wackernagel, M.; Kitzes, J.; Moran, D. 2006. The ecological footprint of cities and regions; comparing resource availability with resource demand, *Environment and Urbanization* 18(1): 103–12.

Wackernagel, M.; Rees, W. 1997. Perceptual and structural barriers to investing in natural capital: economics from an ecological footprint perspective, *Ecological Economics* 20(1): 3–24.

Wang, F.; Cui, T. 2013. The comprehensive safety evaluation method on the safety situation of iron mine based on AHP and extension theory, *Sustainable Development of Natural Resources* 616–618: 208–212. <http://dx.doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.616-618.208>

Wang, H. J.; Zeng Z. T. 2010. A multi-objective decision-making process for reuse selection of historic buildings, *Expert Systems with Applications* 37(2): 1241–1249.

Wang, J. J.; Jing, Y. Y.; Zhang, C. F.; Zhao, J. H. 2009. Review on multi-criteria decision analysis aid in sustainable energy decision-making, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 13(9): 2263–2278.

Wang, N.; Chang, Y. C.; Nunn, C. 2010. Lifecycle assessment for sustainable design options of a commercial building in Shanghai, *Building and Environment* 45(6): 1415–1421.

Wang, P.; Meng, P.; Zhai, J.; Zhu, Zh. 2013b. A hybrid method using experiment design and grey relational analysis for multiple criteria decision making problems, *Knowledge-Based Systems*, 53:100–107. doi:10.1016/j.knosys.2013.08.025

Wikipedia [interaktyvus]. [žiūrėta 2014 m. gruodžio 28 d.]. Prieiga per internetą: <http://lt.wikipedia.org/wiki/Vilnius>.

World commission on environment and development (WCED). 1987. *Our Common Future*. Oxford University Press. New York, NY, USA, pp. 416.

Xing, Y.; Malcolm, R.; Horner, W.; El-Haram, M. A.; Bebbington, J. 2009. A framework model for assessing sustainability impacts of urban development, *Accounting Forum* 33(3): 209–224.

Zavadskas, E. K. and Turskis, Z. 2010. A new additive ratio assessment (ARAS) method in multi-criteria decision making, *Technological and Economic Development of Economy* 16(2): 159–172. doi:10.3846/tede.2010.10

Zavadskas, E. K.; Antucheviciene, J.; Saparaskas, J.; Turskis, Z. 2013. Multi-criteria assessment of facades alternatives: peculiarities of ranking methodology, *11-th International Scientific Conference on Modern Building Materials, Structures and Techniques (MBMST)* 57: 107–112. <http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2013.04.016>

Zavadskas, E. K.; Kaklauskas, A. 1996. Determination of an efficient contractor by using the new method of multicriteria assessment, *International Symposium for "The Organization and Management of Construction"* 2: 94–104.

Zavadskas, E. K.; Kaklauskas, A.; Turskis, Z.; Tamosaitiene, J. 2009. Multi-attribute decision making model by applying grey numbers, *Informatica* 20(2): 305–320.

Zavadskas, E. K.; Turskis, Z. 2011. Multiple criteria decision making (MCDM) methods in Economics: an overview, *Technological and Economic Development of Economy* 17(2): 397–427. <http://dx.doi.org/10.3846/20294913.2011.593291>

Zavadskas, E. K.; Turskis, Z., Kildienė, S. 2014. State of art surveys of overviews on MCDM/MADM methods, *Technological and Economic Development of Economy* 20(1): 165–179.

Zavadskas, E. K.; Turskis, Z.; Tamosaitiene, J. 2010. Risk assessment of construction projects, *Journal of Civil Engineering and Management* 16(1): 33–46. <http://dx.doi.org/10.1016/j.asoc.2014.01.003>

Zavadskas, E. K.; Turskis, Z.; Ustinovichius, L. 2010b. Attributes weights determining peculiarities in multiple attribute decision making methods, *Engineering Economics* 12(1): 32–43.

Zavadskas, E. K.; Turskis, Z.; Vilutiene, T. 2010c. Multiple criteria analysis of foundation instalment alternatives by applying additive ratio assessment (ARAS) method. *Archives of Civil and Mechanical Engineering* 10(3): 123–141.

Zavadskas, E. K.; Turskis, Z.; Volvačiovas, R.; Kildienė, S. 2013. Multi-criteria assessment model of technologies, *Studies in Informatics and Control* 22(4): 249–258.

Zavadskas, E. K.; Vaidogas, E. R. 2009. Multiattribute selection from alternative designs of infrastructure components for accidental situations, *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering* 24: 346–358. doi: 10.1111/j.1467-8667.2009.00593.x.

Zavadskas, E. K.; Vaigauskas, E. 1985. *Method applying of decision making theory when preparing construction*. Vilnius: Technika.

Zavadskas, E. K.; Vainiūnas, P.; Turskis, Z.; Tamošaitienė, J. 2012. Multiple criteria decision support system for assessment of projects managers in construction, *International journal of information technology & decision making* 11(2): 501–502.

Zhang, Z.; Wu, X.; Yang, X.; Zhu, Y. 2006. BEPAS—a life cycle building environmental performance assessment model, *Building and Environment* 41(5): 669–675.

Zolfani, S. H.; Zavadskas, E. K. 2013. Sustainable development of rural areas building structures based on local climate, *11-th International Scientific Conference „Modern building materials, structures and techniques“* 57: 1295–1301. <http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2013.04.163>

Autoriaus mokslinių publikacijų disertacijos tema sąrašas

Straipsniai recenzuojamuose mokslo žurnaluose

Lazauskas, M; Kutut, V.; Zavadskas, E. K. 2015. Multicriteria assessment of abandoned construction projects, *Journal of the Croatian Association of Civil Engineers – Građevinar*, 67(4): 319–328. Prieiga per internetą: <http://dx.doi.org/10.14256/JCE.1179.2014>. ISI Web of Knowledge Impact factor 2014: 0.216.

Lazauskas, M; Zavadskas, E. K.; Šaparauskas, J. 2015b. Ranking of priorities among the Baltic capitals for the development of sustainable construction, *Ekonomics and Management*, 2: 15–24. ISI Web of Knowledge Impact factor 2014: 0.422.

Vodopivec, B.; Roko, Ž.; Tamošaitienė, J.; Lazauskas, M; Jana, Š. 2014. Renovation priority ranking by multi-criteria assessment of architectural heritage: the case of castles, *International Journal of Strategic Property Management*, 1(18): 88–100. Prieiga per internetą: <http://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.3846/1648715X.2014.889771>. ISI Web of Knowledge Impact factor 2014: 1.423.

Kutut, V.; Zavadskas, E. K.; Lazauskas, M. 2014. Assessment of priority alternatives for preservation of historic buildings using model based on ARAS and AHP methods, *Archives of Civil and Mechanical Engineering*, 2(14): 287–294. Prieiga per internetą:

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1644966513001386>. ISI Web of Knowledge Impact factor 2014: 1.331.

Turskis, Z.; Lazauskas, M.; Zavadskas, E. K. 2012. Fuzzy multiple criteria assessment of construction site alternatives for non-hazardous waste incineration plant in Vilnius city, applying ARAS-F and AHP methods, *Journal of Environmental Engineering and Landscape management*, 2(20): 110–120. Prieiga per internetą: <http://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.3846/16486897.2011.645827>. ISI Web of Knowledge Impact factor 2012: 1.041.

Straipsniai kituose leidiniuose

Lazauskas, M.; Šaparauskas, J. 2015. Miestų prioritetiškumo nustatymas darnios statybos plėtrai, *18-osios Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencijos „Mokslas – Lietuvos ateitis“* (Verslas XXI amžiuje) teminė konferencija, p. 81–88. Prieiga per internetą: <http://jmk.vvf.vgtu.lt/index.php/conference/2015/paper/download/317/195>.

Lazauskas, M.; Vachoviak, L. 2015. Atliekų deginimo gamyklos statybos vietos parinkimas MOORA ir MULTIMOORA metodais, *18-osios Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencijos „Mokslas – Lietuvos ateitis“* (Statyba) teminė konferencija, in press.

Kutut, V.; Zavadskas, E. K.; Lazauskas, M. 2013. Assessment of priority options for preservation of historic city centre buildings using MCDM (ARAS), *Procedia Engineering. 11th international conference on modern building materials, structures and techniques*, Vilnius, Lithuania. (57): 657–661. Prieiga per internetą: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705813008163>.

Lazauskas, Marius. 2011. Nepavojingų atliekų panaudojimas elektros ir šilumos energijos gamybai, *Mokslas – Lietuvos ateitis: Statyba, transportas, aviacinės technologijos*, 2(3): 57–64. Prieiga per internetą: http://www.mla.vgtu.lt/index.php/mla/article/view/mla.2011.033/pdf_1.

Summary in English

Introduction

Formulation of the problem

Each participant of construction market seeks for the effective development of represented market sector. Society seeks to live in a qualitative environment enabling to fulfill its their social human needs. Legal entities work for development of successful competitive powers while carrying out their construction economic activities in order to generate sufficient benefit and built socially responsible business. Activities of state institutions are directed towards the implementation of legislative compliance, proper development of construction ensuring economic, social and environmental benefits of developed construction products. Flexibility and dynamism, ability to respond to market changes and make effective decisions promptly in order to adapt for market terms and conditions defined within the passage of time and to take advantages of them are the main characteristics describing successful enterprise of a construction sector. These reasons dictated by three key players of the market predetermine the necessity to assess abilities of construction companies for business under certain conditions in advance, in order to implement efficient construction projects that would create added value for public life and be in demand at the market.

In case of improper assessment of influencing factors the implementation of construction projects under certain conditions could face particular problems and fail to comply with expected final results. In general, it could be accounted for the lack of information about the entire project. Construction project direction could not be limited by several known alternatives both in terms of nature of the project and market sensitivity

or prevailing trends, or just by applicable technologies, in this situation specialists with appropriate education and required qualification who are able to make rational decisions face the lack of knowledge required for anticipation of all factors influencing project implementation efficiency. Available information could not be named as completely true during the planning stage. Such challenges when assessing market and opportunities of its participants are preconditioned by the scale of data maintained by sustainable development system and complicated decision making process, accordingly, performance of the above system shall be resolved by application of new methodologies and task solution methods.

Existing problem of construction site sustainability becomes urgent when seeking for proper identification of relevant market, stimulation of efficient construction projects. It means and adaptation of the corporate strategy, employment of rational selection of construction projects and reasoned mathematical models because of the orientation of sustainable development solutions towards outcomes.

Sustainable assessment of construction projects applying mathematical models to information handling is directed towards the opportunities enabling analysis of formulae alternatives to be potentially used for the creation of complex sustainable development system. Construction projects justified in this manner could ensure the achievement of utmost global benefits created by construction products and provided to consumers.

Relevance of the thesis

There are very few empirical studies concerning issues of construction project sustainable assessment worldwide. Lack of investigation in living environment development systems and market demand encourage the elaboration of such sustainable development studies research. First of all, each business operator in execution of its activities should have the purpose of producing a moral benefit, achieving a balanced business competition, be flexible and dynamic, able to respond to market changes in time and adapt them for business development. Market actors shall create user-friendly environment without harming the nature, climate, and limited resources and oriented towards the moral benefit of all citizens, economy and public in order to produce moral benefit and built socially responsible business and only then strain after financial advantage.

Construction projects interact with a number of other systems all of which could influence separate parts of the project, i. e., selection of proper project implementation area, involvement of adequate labor power, application of qualify construction technologies, operation of implemented project and support of other processes could be realized only in case of correct decisions at competitive market predetermining the efficiency of the entire project. Not only internal factors of the project shall be assessed, spheres of external influence ensuring moral and financial efficiency shall be identified as well. Compliance of technological processes could be named as the main factor influencing the complexity of decision making process when performing activities under real business conditions because of varying attributes of efficiency and usefulness – according to the one attribute the technology could be deemed as cost-efficient and useful, according to the other – as creating harmful obstacles to project implementation. Impartial decisions on project conformity and efficiency could be made when several attributes or set

of them, namely system of attributes meeting needs of users and affiliated entities are being applied.

The thesis proposes a complex multistage decision making model comprising of particular sets of attributes reflecting relevant project issues prevailing at the construction market. This model has been adapted for the assessment of subsystems included in the sustainable development system to be performed during the early project idea stage.

Research object

The research object is to assess construction projects applying complex sustainability principles.

Aim of the thesis

The main aim of the thesis is to propose complex model to be applied to the assessment of justification sustainability of a construction project and the algorithm for its practical application.

Objectives of the thesis

To achieve the aim of the thesis, the following objectives were formulated:

1. To analyze construction project implementation conditions and prospects of market environment in the context of sustainable development.
2. To determine factors defining and predetermining the efficiency of construction projects at the early project idea stage.
3. To identify sustainable development problems in construction and propose index systems to be applied for the formulation of complex assessment model.
4. To develop complex model to be applied for the assessment of construction project sustainability based on sustainable development principles.
5. Check theoretical complex assessment model to be applied for the assessment of construction project sustainability in practice.

Research methodology

Analysis of statistical data provided by various institutions, execution of physical measurements and calculations, collection of information provided in printed information sources have been performed in the course of development of formulated index systems. In order to justify practical application of the complex multistage decision making model algorithms the well known multi-objective assessment methods and their combinations were applied.

Scientific novelty of the thesis

The dissertation resulted in the following findings that are new to the science of civil engineering:

1. Index systems, describing construction projects and their efficiency, that are generally based on the sustainable development principles, were developed.
2. The theoretical complex assessment model, based on sustainability principles, was created in order to apply the sustainable assessment to the construction projects.
3. Combinations of multi-objective assessment methods such as MOORA, MULTIMOORA, AHP, ARAS-F, COPRAS, ARAS were proposed for the effective assessment of construction projects; solution, regarding mutual compatibility, was proposed as well.
4. Construction project sustainability assessment model, based on practical examples and combinations of multi-objective assessment methods, was developed.

Practical value of research findings

Research findings may be useful for performing entities involved in construction activities and staining after business expansion or development of new activities. Complex assessment algorithm developed in the course of the research could be used as a tool for assessing the construction projects and providing particular opportunities related to the modeling of urban development strategies. In case of the practical application of the complex assessment model, the policy of public administration entities, related to the development of urban and other territories, could be formed, defining the potential development strategies.

Defended statements

1. Complex assessment of construction project sustainability provides opportunities to identify and realize interests of constructors, regulatory authorities and users fulfilling principles of sustainable development.
2. When assessing the construction project efficiency formulated on the basis of extensive data and stated objectives it is useful to apply validated and easily processable systems of combinations of multi-objective assessment methods
3. Developed Complex Multicriteria Model enables identification of the efficiency of a project to be implemented within its development environment.

Approval of the research findings

9 scientific articles were published on the topic of the thesis: five in scientific journals included into Thomson Reuters ISI Web of Science – Turskis *et al.* (2012); Kutut *et al.* (2014); Vodopivec *et al.* (2014); Lazauskas *et al.* (2015); Lazauskas *et al.* (2015b); one in ISI Proceedings – Kutut *et al.* (2013); two in conference proceedings of Lithuanian conferences – Lazauskas, Šaparauskas (2015); Lazauskas, Vachoviak (2015). Findings of the thesis were presented at 3 scientific conferences:

- 11th international conference “*Modern building materials, structures and techniques*” in Vilnius, 2013;

- 18th conferences of young Lithuanian scientists „*Science – the future of Lithuania*“ (Construction field) in Vilnius, 2015;
- 18th conferences of young Lithuanian scientists „*Science – the future of Lithuania*“ (Business in XXI century field) in Vilnius, 2015.

Structure of the thesis

The thesis comprises an introduction, three chapters, general conclusions, list of literature, resources and scientific publications of the author on the topic of dissertation, abstract in English and the annexes.

The volume of the thesis amounts to 141 pages with the exception of annexes; the text contains 26 numbered equations, 24 illustrations and 38 tables. The dissertation is built upon 192 references.

1. Scientific review of sustainable development

The first chapter of the thesis defines the main directions of sustainable construction development and provides the review of project efficiency opportunities from the engineering stage and up to the creation of residential environment of a building. Range of problems which could be faced in the course of construction projects efficient assessment is being discussed as well. Assessment models applied at the construction sector and methods stimulating investors, regulating authorities and consumers to carry out their activities related to the development of a construction sector and maintenance of sustainable development implementation continuity properly.

Urban development processes touch old centers, neighbourhoods, and sub-urban territories; however they could cause particular challenges related to difficulties affecting industrial areas, uncompleted residential / non-residential buildings and abandoned cultural heritage buildings located on urban territories undergoing the urbanization processes as well as difficulties associated with proper management of construction sites. With regard to the current challenges prevailing at the construction sector the thesis focuses on the improving of situation and further development of the sector.

In 1987 the World Commission on Environment and Development described sustainability of all areas of life as a development directed towards the fulfillment of timely needs of a society while implementing today's decisions on the satisfaction of future generations' needs, improvement and preservation of surrounding environment. Basically, the definition of sustainable development incorporates worldwide human activity and outlines the improvement of environmental, social and economic improvement. In spite of the absence of definite description of sustainability, the sustainable development could be named as a major challenge of modern world. However, scientific researches performed in all spheres are conjoined by common sustainability principles comprising political, economic, legal, social, and environmental dimensions assigned to fulfill public requirements (United Nations University 2012). Sustainability creates and maintains conditions intended for productive and balanced existence of human and nature, creation of opportunities to realize social, economic, and other needs of living and future

generations. Therefore, particular attention shall be paid to the construction sector when analyzing its process due to its substantial contribution.

The main objective of sustainable construction is to construct buildings enabling people to save all types of energy and resources, especially the non-renewable ones, conserve health and ensure moral and physical safety of people living in particular environment. To integrate modern construction engineering technologies and process management in order to develop new practical construction products at lower costs. Another objective is to integrate newly constructed or renewed constructions into the overall spatial context by eliminating visual pollution of urban territories and enhancing the availability of buildings, especially for people with special needs.

When defining the directionality of sustainable construction challenges it should be considered that sustainable development of construction could be achieved if the aggregated level of satisfaction of needs and objectives of all concerned groups is the greatest and comprises sustainable interaction of economic, social, technical, and managerial systems on the highest level of the abovementioned interaction.

The thesis explores issues faced by the construction sector – abandoned, unrealized construction projects which have not been completed at contractor's instigation due to the current situation at the construction sector caused by banking policies and changes in the real-estate market. Majority of construction developers just went bankrupt during the real-estate crisis. Abandoned cultural heritage buildings are a one more challenge faced by major cities in Lithuania and other countries worldwide nowadays. Accordingly, one of the main items of the thesis discussed is a complex assessment of factors affecting success of a construction project to be performed by making scientific and strategic decisions during the project design stage.

Various models of renewal analysis developed by Lithuanian and foreign authors highlight the importance of renewal processes, information collection methods, decision making aspects, implementation of balanced development principles, maintenance of energy performance, evaluation of final results. However, globally developed methods of renewal analysis could be applied to highly specialized areas when analyzing individual renewal processes or decisions related to the renewal of individual facilities (e.g., apartments, industrial premises, commercial premises, hotels). Only a few scientists work for integrated analysis of residential environment renewal, consequently there is no integrated model which could consider renewal of residential environment as a complex process including territories of an Old Town, the necessity of renewal and reconstruction of Old Town buildings and the assessment of project success final results as well.

Scientific research shall be performed in order to implement ideas of sustainable construction projects and develop applications enabling rational resolution of a success of a construction project to be implemented and determination the added value of the entire surrounding environment of a building in advance. Sustainable development projects when developing them for construction sector shall include various fields requiring strategic solutions, evaluation of construction site preparation level, technical procedures, validation of economic and social efficiency of the project. Process could be optimised by employing decision making supporting measures applied at scientific and real environment, which could facilitate the assessment of merits and drawbacks of projects

on building management alternatives and the identification of priorities of the above-mentioned alternatives.

Analysis of scientific literature has shown that completion of abandoned industrial, unfinished residential buildings and cultural heritage buildings or their adaptation for current needs of real estate market users shall be based on intelligent scientific and business concepts foreseeing complex modelling of the rational utilisation of such buildings by means of assessment of technical and not-technical reconstruction aspects directed towards financial and moral benefits to all members of the environment. Efficient decisions could be named as the essential factor for state institutions, business, residents and other groups concerned when financing the renewal.

When adapting existing buildings of modern cities in accordance with the principles of sustainable development the key role should be dedicated to the future vision, modern technologies, and estimated needs of users for the nearest future (Haapio, Viitaniemi, 2008 a.). Particular attention should be paid to the minimisation or pollutants discharged to the environment in the course of construction works and building life-cycle (Liu et al. 2010). These pollutants are formed in a form of a cycle when manufacturing construction products or combusting fuels needed for functioning of construction mechanisms, or in case of improper separation of construction waste or inefficient operation of buildings.

In accordance with the recommendations provided in concerned scientific works regarding the models to be applied for the selection of the most sustainable solutions it could be stated that there is an unarguable need to improve decision-making process in most sectors. These reasons have to be named as the main driving force in developing of model of sustainable construction project assessment founded on models provided in scientific researches that are used to form particular combinations of models to be applied to the selection of the most efficient construction project in order to ensure application of complex decision-making process.

Assessment of construction projects is not only the formulated task of the thesis, describing the complex system of contemplations expressed in qualitative, quantitative and other indexes, but the system which could be subjected to particular changes depending on the existing range of problems faced by particular task. Range of information explaining construction projects and varying range of reasonable alternatives predetermine the necessity to solve the above mentioned tasks applying the multi-objective assessment methods.

2. Complex Multi-Objective Assessment Model

The second chapter of the thesis presents the classification of multi-objective decision-making methods and the analysis of their applicability to solving of tasks raised by the thesis. It includes the appraisal of the fact that sustainable construction projects could be described by dozens of attributes. The following multi-objective decision-making methods have been appraised: the Fuzzy Additive Ratio Assessment Method ARAS-F, the Additive Ratio Assessment Method ARAS, MULTIMOORA (MOORA plus a full multiplicative form), and the Method of Multiple Criteria Complex Proportional Assessment COPRAS. The following method of determining the weights of attributes has been ana-

lysed: the Analytic Hierarchy Process (AHP). This chapter provides method solution algorithms and their mathematical descriptions. Presents theoretical complex model for assessment of sustainable construction project assessment based on multi-objective methods.

Implementation of any construction project is based on the timely assessment of the market. Such assessment shall be performed in order to achieve all objectives, create economic, social, technical or other benefits for a construction project environment. Construction market and its needs forms the system subjected to continuous changes forcing market participants to response to the needs of construction market in a most efficient and orderly manner. Effective response provides opportunity to the market participants so control and initiate projects that could be efficiently used or the purpose specified and operated at full capacities.

In order to implement policies directed towards the development of technologies, improvement of performed processes, increase of management efficiency and minimisation of operation costs it is proposed to assess indexes of construction sector which could affect project success and achievement of laid down objectives. Chain of complex model includes a broad variety of indexes and their interrelations which play major role in pre-determining functioning of the entire model, improvement of the activity model and creation of corporate competitive advantages. (Kildienė *et al.* 2014).

Assessment of the environment of construction projects and interacting systems as well as determination of index values means complex process including collection and evaluation of extensive index parameters, consequently, assessment of the entire system shall be based on efficient and reliable calculation methods. It is obvious that not only construction sphere includes dozens of interacting factors in real life, and all models to be calculated and used for the solution of construction tasks could be used in other spheres, for example in environmental, industrial, urban strategies and other fields requiring precise processing of bulk data and make reliable decisions. There are many of factors describing strengths, weaknesses, opportunities and threads (SWOT) of projects proposed for their further development, still, each factor describing a particular property could be divided into additional systems of attributes. Assessment methods applicable to the construction sphere could be adapted from other spheres; similarly, all methods used for the assessment of a construction sphere could be useful in solving challenges in other related spheres after their modification in accordance with the concerned.

When making strategic decisions related to implementation of construction projects main attention at the planning stage shall be paid to application of required decision support methods. Key principles which shall be taken into consideration when preparing, assessing and selecting task resolution methods are principles of systematic and complex approach and their interaction. Principle of systematic approach shows that tasks should be solved with full respect, i.e., that it requires throughout assessment of economic, social, technical, physiological, legal, strategic, environmental and other aspects. Systematic approach reveals the throughout coordination of planning directions and aspects directly related to improvement.

Model of solving the proposed task plays the major role when solving tasks formed by dozens of descriptive attributes. In order to make efficient, proper and justified decision it is required to formulate target of the objective in a most precise way, collect and

process the generality of attributes, determine and evaluate parameters describing the predetermined attributes, apply scientifically-sound methods applied / applicable to the real decision-making process, which provide opportunity to select the most efficient and acceptable variant for the achievement of the objective.

Scientific literature presents relatively great number of examples of task formation using many attributes. Formation of a task requires particular knowledge providing the understanding of computational model functioning, collection and evaluation of data, and their expression in design values. In this case knowledge and broad experience in management, engineering, economy and other fields are essential, because all above mentioned is directly related to the range of problems concerned. In decision-making it could be observed that human factor, i.e., the hierarchy of solution distribution objectives the main task of which is to identify the most important and less important objectives. Objectives of the model are to be identified in accordance with the analysis of the objectives. The obligatory condition is the compliance of available data with the formulated task. The data shall be reliable as well (Tamošaitienė *et al.* 2013).

This chapter of the dissertation introduces the designed algorithm of the complex multistage decision making model and stages of its implementation (Fig. S1).

Step 1. Determination of objectives and formulation of a problem. Analysis of situation and formulation of main problem to be solved by the task. Identification of main objective. Problem of the research is formulated in accordance with the peculiarities of research objects.

Step 2. Identification of obligatory conditions to be applied for solving of formulated task. At this stage the person considering the task should identify potential alternatives, evaluate available data, missed data, and select attributes to be used for assessment of alternatives. Relevance of alternatives shall be proved by mathematical and physical methods and (or) applying results of completed experiments. Schematic expression of alternative identification process is provided in Fig. S2.

Step 3. Selection of qualitative and quantitative attributes. Alternatives are assessed by throughout evaluation of various attributes. Prevalence of various attributes when solving the task could cause incompatibility of results, consequently, all attributes shall be standardised, i.e., allocate them equal influence when making decisions, that is why standardisation of contradicting attributes is the main stage of multi-objective assessment (Fig. S3).

Step 4. Identification of the importance of qualitative and quantitative attributes. Importance and weights of attributes shall be determined by relative weights of subjective and objective attributes. Subjective methods of attribute weights determination are effective when limited number of attributes is used, however, in case of greater number of attributes it is recommended to group them to hierarchies and form particular groups.

Step 5. Formulation of hierarchy of alternative attributes to be analysed. In case of multistage decision-making foreseeing the analysis of extensive data, the attributes could be divided into several levels in accordance with the character of problem to be solved.

Step 6. Formulation of primary decision matrix.

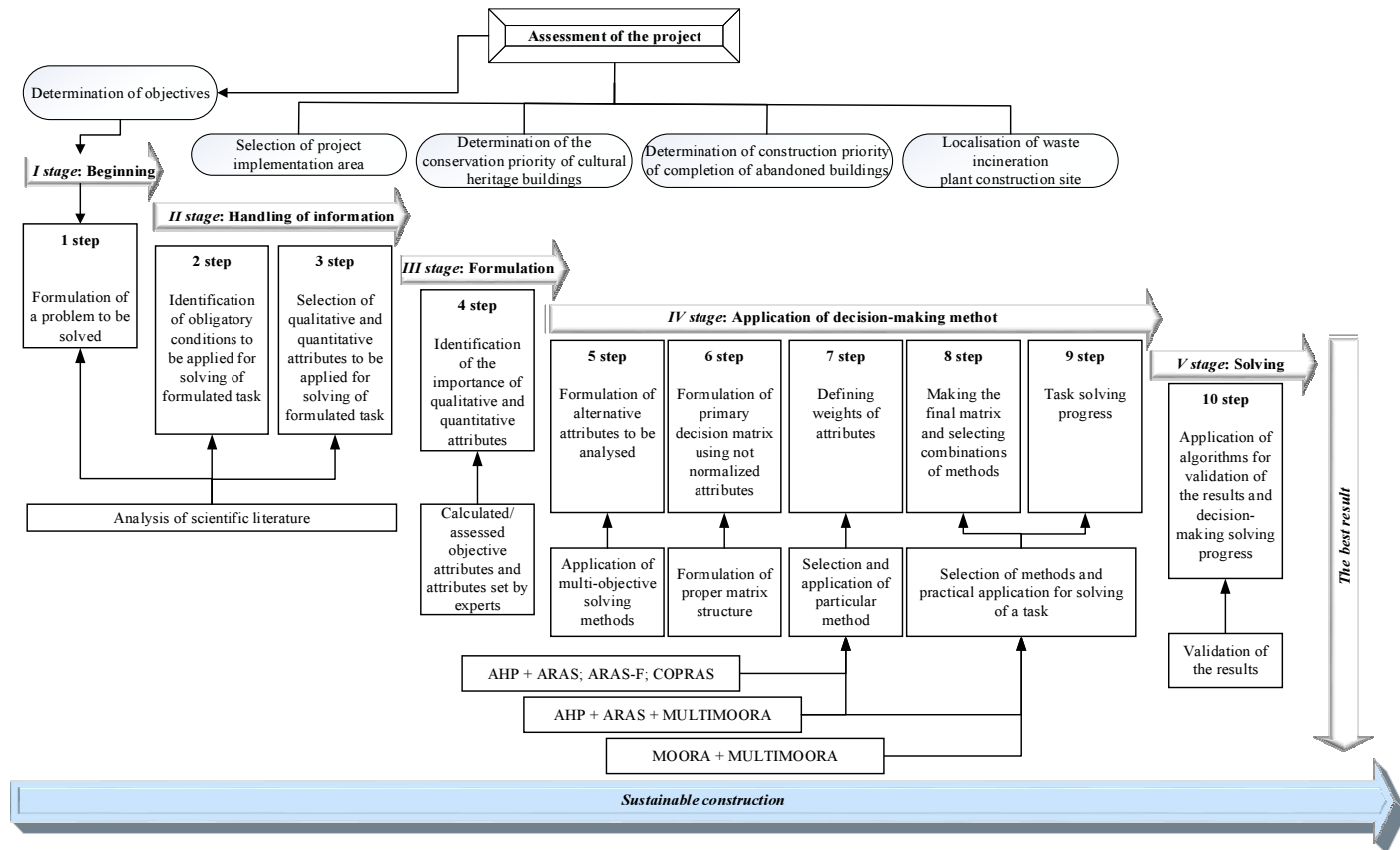


Fig. S1. Algorithm of the multistage decision-making model (created by the author)

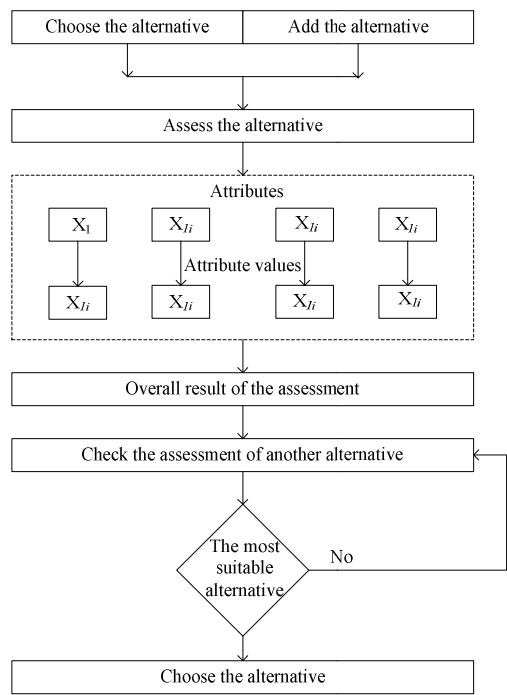


Fig. S2. One-stage multi-attribute evaluation and selection of an alternative (Turskis 2009)

Step 7. Selection of methods to define weights of attributes. To determine the importance of attributes, relative importance of attributes are selected, which indicate the extent to which one attribute is more important than the other.

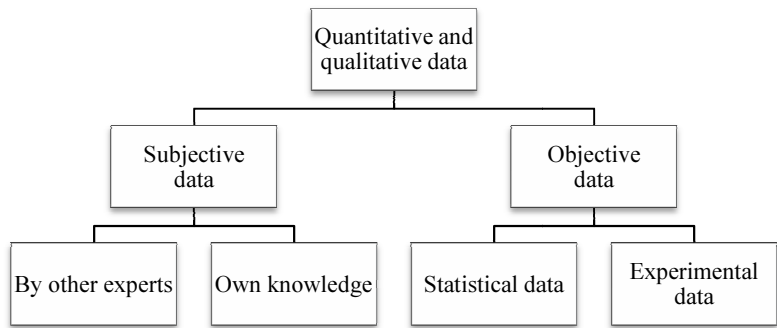


Fig. S3. Selection of quantitative and qualitative attributes (Turskis 2009)

Step 8. Making the final matrix and selecting combinations of methods. Considering the problem to be solved and available data, a respective decision making method or a complex of methods is selected for multi-attribute decision making.

Step 9. Solving the problem.

Step 10. Validation of the results and decision-making. Once the problem is solved, the result needs to be validated. The use of a number of multi-attribute decision analysis methods to solve a problem necessitates the synthesis of obtained results.

The last step of a decision-making process is implementation of decisions. Once all decision-making processes (task formulation, determination of problems, analysis of information, selection of alternatives, and selection of the best alternative to comply with the needs) are completed, the real project implementation process could be initiated by employing a work group for project implementation, and selecting required technologies, etc.

Drawing 1 presents the problem-solving algorithm, which is suggested for problem-solving in the field of assessment of construction project sustainability. Present model is developed in order to find complex solution intended for stimulation of sustainable development in the region.

Multi-objective decision-making methods reflecting the problem to be solved have been set for every objective. Combinations of methods are applied for solving various relevant problems of rural territories, which are related to the assessment of construction project sustainability. Scientifically, the multistage decision-making model is relevant because every concerned person looking for the best solution could select the best method complying with the range of problems he needs to solve, gain rapid results, compare results gained by application of different methods, improve them and apply to the selection of the decision.

3. Practical application of the complex model

The third chapter of the thesis deals with multistage assessment model developed for the assessment of construction project assessment. Complex multistage assessment model could be used for assessment of majority of processes related to provision of construction services and production of construction products. Multistage assessment model for construction projects has been developed on the basis of the following combinations of multi-objective assessment models: MOORA + MULTIMOORA, AHP + ARAS-F + COPRAS, AHP + ARAS, AHP + ARAS + MOORA+ MULTIMOORA. This chapter also provides description of practical application of the developed model, variant assessment of construction projects and multicriteria analysis.

Considering the relevancy of these problems to the development of urban territories based on the sustainable development principles, this chapter deals with solving of four-task generality, the results of which are provided by proving the complex assessment of construction projects. The first task set forth is an identification of sustainable construction project area. The second task deals with assessment of prioritisation the use of cultural heritage buildings applying multistage methods. The third one – multicriteria methods are used for the assessment of unfinished residential buildings construction projects. And the fourth one provides us with multicriteria model to be applied for identification of waste combustion facility localisation at the urban territory. All the tasks

form complex task to be solved in order to use the results for the implementation of sustainable development principles.

The first part of multistage task deals with the development construction sector. Close cooperation of Baltic States at the national level and joint activities of several construction market participants predetermine the necessity to assess biggest cities of Lithuania, Latvia, and Estonia being the potential market of construction sector to be selected as a target segment of efficient development of construction needs. Assessment of potential capabilities of a construction sector of three Baltic States capitals (Vilnius, Riga, Tallinn) could provide the opportunity to direct capital and investments of construction market participants in the more efficient way and create the highest added value for the economy, residents and development of sustainable environments.

This task comprises assessment of three alternatives expressed in several attributes. Solving the multi-objective task of this kind foresees application of MOORA and MULTIMOORA methods. Distribution of the results gained in the course of computations is provided in Table S1.

Table S1. The MULTIMOORA method and final ranks of Baltic States assessment

Alternatives	MULTIMOORA			Rank of dominance theory	Priority
	MOORA		Rank of the full multiplicative form		
	Rank of the ratio system	Rank of the reference point			
a_1 (Vilnius)	1	1	1	1	1
a_2 (Ryga)	3	3	3	3	3
a_3 (Talin)	2	2	2	2	2

According to the gained results, the alternatives have been distributed as follows: $a_1 \succ a_3 \succ a_2$. Identification of project implementation area is a key factor in determining directions of the activity performed by private investors, performed in order to assess the opportunity of efficient realisation of construction project proposed for implementation with particular environment. In terms of consumers, efficient implementation of construction projects ensures economic and social benefits due to their close relation with economic, wellbeing, and sustainable urbanisation attributes.

Objective of the second multistage task could be identified as determination of reconstruction priority of cultural heritage buildings and selection of the best variant by assessing the whole range of attributes.

Results have shown that the most valuable historical and cultural property of Old Towns is architecture, which in one or another way reflects not only the evolution of city construction period, but represents both historical and cultural development. When managing the Old Towns according to their primary functions, the adaptation of architectural heritage to modern needs of residents in order to preserve active life of historical monuments being the part of the city and historical centre under development becomes the major task. Transition of the Old Town to the attractive part of the city, adaptation of old buildings and territories to the today's needs is a complicated work which consumes not only money, but the time as well (Kliukas et al. 2008).

Additives to be used for the assessment of cultural heritage buildings and prioritisation of heritage preservation and recreation are being selected in order to preserve archeologic, historical, architectural, social and other aspects, to save unique and peculiar development, and to meet public needs (Dutta, Husain 2009).

Design values of additives have been collected applying the following methods: identification of the opinion of specialists taking part in particular activities, visual inspection of a building and access roads, measurements, analysis of documents regulating execution of construction works, and application of particular approach based on the opportunity to use buildings in accordance with requirements and needs of the market. All attributes describing selecting alternatives have been evaluated applying the ARAS method.

Computations performed on the basis of the assessment attributes of cultural heritage buildings enabled formulation of priority chain of buildings to be renewed in accordance with the attribute values:

$$a_1 \succ a_4 \succ a_3 \succ a_7 \succ a_6 \succ a_2 \succ a_5.$$

Computation shown that value of presumable investment could not be named as the main attribute for the assessment of such type facilities. Preservation of culture and general moral benefits gained by the society are also very important for the efficient implementation of cultural heritage restoration projects.

Assessing the efficiency of cultural heritage projects or their assessment, the second one task of the thesis reveals particular cultural heritage building, the restoration of which could generate the greatest benefit.

Objective of the third one multistage task is to justify efficient implementation of unfinished construction projects (existing unfinished buildings).

Number of unfinished construction projects could be easily identified in all cities in the world. Vilnius is not an exception as well. After physical visual inspection of the city five major unfinished projects have been detected. In general, number of concerned unfinished alternatives depends on information collection and on opportunities to use information about unfinished buildings while achieving public security goals. In this case, author of the thesis has selected five major unfinished construction projects in the capital of Lithuania, completion of which will provide the highest economic and social added value to the capital. Estimated values of construction and other statistical data were evaluated during visual inspection performed by the author, as well as measurements, computations, verification of statistical data and photographing.

Alternatives of these five unfinished construction projects are expressed in various values of attributes, consequently, it is essential to perform complex assessment and decide on the alternative which reflects the project implementation stage within the entire path to its completion and efficient operation more accurately.

When selecting commonly known multi-objective decision-making methods provided in scientific literature the main attention shall be paid to those which could enable assessment of task data in terms of the opinion of concerned parties and in other cases – in terms of elimination of weights subjectivity. In the first case, when decision-making process is based on the human opinion factor, the combination of AHP and ARAS methods shall be used. In the other case, when it is required to eliminate the subjectivity MOORA and MULTIMOORA computation methods shall be applied since they do not

require the assessment of weights coefficients of the attribute. Application of these methods provides opportunity to the decision-maker to compare gained results and make the most effective decision. Results of both methods are provided in Table S2.

Table S2. The MULTIMOORA and ARAS methods final ranks of abandoned buildings assessment

Alternatives	ARAS	MULTIMOORA			Rank of dominance theory	Priority
		MOORA		Rank of the full multiplicative form		
		Rank of the ratio system	Rank of the reference point			
a_1	5	5	4	5	5	5
a_2	2	2	1	2	2	2
a_3	1	1	2	1	1	1
a_4	3	3	3	3	3	3
a_5	4	4	5	4	4	4

Calculated alternative located in the southern part of Vilnius at the intersection of two residential neighbourhoods. Location of the alternative is rather attractive, since it includes newly constructed bypasses and arterial roads to the very centre of the city. This part of the city includes both apartment houses and minor industrial developers. Not only traditional multi-storey trends prevail in this part of the city, but residential lofts could also be found. Considering potential construction project implementation solutions, this alternative is attractive for urban residents with average earnings eager to by residential premises.

Place of a_1 alternative showed the worst results, because it is located in a newly constructed dormitory suburb. Once the construction project will be completed, the problem related to disposal of new apartments and effective non-application of completed project could appear.

When assessing costs of time and efforts applying AHP + ARAS and MOORA + MULTIMOORA combination of methods, it was determined that MOORA and MULTIMOORA methods require less efforts and practical skills to be exerted in order to gain the proposed result.

Objective of the fourth one multistage task is to select the location of waste combustion facility construction project in terms of the needs of concerned parties and principles of sustainable development.

Combustion facilities shall be assessed by many attributes, which are justified by environmental and ecological requirements, social attitude, economic benefit, demand for and return on financial investment, standards of urban architectural culture, and technological project implementation opportunities. When solving this task of the thesis related to the selection of the location of waste combustion facility in Vilnius city, 7 alternatives with calculated values processed by two multicriteria methods have been selected, i.e. AHP + ARAS-F and AHP + COPRAS.

Alternatives are located in urban areas dedicated to the development of urban industry and at highly-populated urban territories. When assessing location of alternatives

at urban territories, concerned locations shall be evaluated according to the principle of rationality, consequently, three localised areas have been selected. Two areas are formed at the territory dedicated for urban industry development (a_4 , a_1 and a_2 , a_3 , a_5) and one area at highly-populated urban territories (a_6 , a_7).

After the assessment of the waste incineration plant site alternatives data applying AHP + COPRAS, AHP + ARAS-F, MOORA and MULTIMOORA methods, the following priority of alternatives has been identified:

$$a_1 \succ a_2 \succ a_4 \succ a_5 \succ a_3 \succ a_6 \succ a_7.$$

It should be noted that it is useful to complement priority assessment data used for each of 7 alternatives with indicators of environmental impact and damage caused by construction projects of a kind which could insure the extraction of final decision and agree issues related to ecological being at the neighbourhood territories.

The third chapter of the thesis describes four tasks related to the efficiency of construction projects and their assessment playing major role in dealing with range of problems relevant for Lithuania and other countries. Scope of the aforesaid tasks forms a complex system to be applied to the selection of best alternatives in order to perform effective assessment of construction projects proposed for the implementation and ensures sustainable development.

Practical example of analysed construction project assessment proves the fact that proposed complex model could be effectively used for the assessment of construction projects following main stages and attributes preset in the algorithm, and methodologies for the determination of their weights and selection of multi-objective methods in order to identify the most efficient decisions of subsystems, and create the most efficient sustainable development complex system. However, the reliability of the methods used shall be additionally validated by standard multicriteria assessment methods and human intelligence logic under real conditions for project implementation; results shall be generated with the intent to ensure correct decision while applying the decision-making processes.

General conclusions

1. The analysis of scientific literature determined that a solution under analysis should be regarded as a rational result on condition that it corresponds to needs of the majority of stakeholders, thus conforming to indicators that define choices. Multiple attribute decision-making methods can be used for cases involving the majority of stakeholders and in search for the golden mean.

2. The Complex Model for Sustainability Assessment of Construction Projects can be used to identify possible alternative solutions to construction problems. It is recommended to split a large-scale sustainable development system into concentrated sub-systems, where multiple attribute methods could be used to solve problems of different nature. During the final stage, the methods could be integrated into one complex decision-making system.

3. The Complex Model integrates AHP, ARAS, ARAS-F, MOORA, MULTI-MOORA and COPRAS methods. In addition, sets of unique indicators were identified for assessment of alternatives.

4. The developed Complex Model was used to solve four construction development problems, the results of which comprise an integrated sustainable development model.

5. Assessment of capital cities of three Baltic States determined that the city of Vilnius is the most attractive market for the development of construction projects under current market conditions.

6. According to results of the evaluation of seven cultural heritage buildings located in or nearby the city of Vilnius, conservation and restoration of historic buildings should commence with the alternative a_1 (the Church of St. John the Baptist and St. John the Apostle and Evangelist).

7. It was determined that the unfinished multi-apartment building on Pelėsos street (alternative a_3) was the most suitable alternative for investments from among five construction projects under development.

8. Possible construction sites for a waste incineration facility in the city of Vilnius were considered as well as descriptive indicators. The most suitable location for the project is in Gariūnai (alternative a_1), the northern zone of the thermal power station.

9. The paper provides problems developed and solved in relation to the complex assessment of the sustainability of construction projects. Once modified and evaluated in terms of design values of relevant indicators, the problems can be practically used to analyse the effectiveness of other projects in the field of construction.

Priedai^{*}

A priedas. MOORA ir MULTIMOORA metodų skaičiavimai

B priedas. AHP metodo ekspertų nuomonių suderinamumo skaičiavimas

C priedas. Deginimo gamyklos vietos parinkimo skaičiavimo algoritmai

D priedas. Bendraautorių sutikimai teikti publikacijoje skelbtą medžiagą mokslo daktaro disertacijoje

E priedas. Autoriaus mokslinių publikacijų disertacijos tema kopijos

* Priedai pateikiami pridėtoje kompaktinėje plokštelėje

Marius LAZAUSKAS

STATYBOS PROJEKTŲ DARNOS
VERTINIMO KOMPLEKSINIS MODELIS

Daktaro disertacija

Technologijos mokslai,
statybos inžinerija (02T)

COMPLEX MODEL FOR SUSTAINABILITY
ASSESSMENT OF CONSTRUCTION PROJECTS

Doctoral Dissertation

Technological Sciences,
Civil Engineering (02T)

2015 05 18. 13,0 sp. l. Tiražas 20 egz.
Vilniaus Gedimino technikos universiteto
leidykla „Technika“,
Saulėtekio al. 11, 10223 Vilnius,
<http://leidykla.vgtu.lt>
Spausdino UAB „Ciklonas“
J. Jasinskio g. 15, 01111 Vilnius